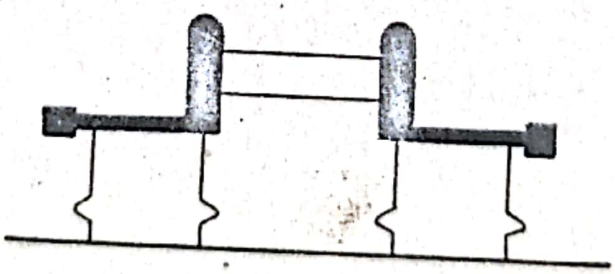
INSTITUTUL POLITEHNIC IASI
FACULTATEA DE ELECTROTEHNICA

30820

PETRU LEONTE

CURS
DE
APARATE ELECTRICE

SUBINGINERI



1971

Scanned with OKEN Scanner

INSTITUTUL POLITEHNIC IAȘI

Facultatea de electrotehnică

Petru Leonte

APARATE ELECTRICE

Subingineri

- 1971 -

Scanned with OKEN Scanner

P R E F A T A

Cartea constituie un manual didactic care cuprinde cunoştinţele ce se predau la cursul " Aparate electrice " la Facultatea electrotehnică din Iaşi, la secţia electroenergetică - subingineri.

Lucrarea tratează probleme ale teoriei aparatelor electrice, construcţia, funcţionarea şi alegerea aparatelor electrice folosite în instalaţiile electroenergetice.

Cunoştinţele au fost grupate în trei părţi şi anume:

1. Bazele teoriei aparatelor electrice ;
2. Aparate electrice de joasă tensiune ;
3. Aparate electrice de înaltă tensiune .

Datorită limitării cursului doar la 13 - 14 prelegeri, tratarea problemelor s-a făcut succint, direct legată de cerinţele actuale şi de perspectivă ale electroenergeticii în ţara noastră , punînd în evidenţă concluziile utile în exploatare. S-a insistat în special asupra aparatelor electrice construite în ţară sau cu utilizare largă .

Cursul asigură viitorului subinginer electroenergetician, prin cunoştinţele care le oferă, posibilitatea de a se adapta şi de a se specializa concret în domeniul montării şi exploatării aparatelor electrice .

Autorul,

Scanned with OKEN Scanner

I N T R O D U C E R E

Mecanismele şi dispozitivele electrotehnice folosite pentru executarea comenzilor, reglajului şi controlului instalaţiilor destinate producerii, transformării , transportului şi utilizării energiei electrice, precum şi pentru protecţia acestor instalaţii se numesc a p a r a t e e l e c t r i c e .

Ansamblul de aparate de conectare şi deconectare, de aparate de pornire şi reglare , de măsură şi protecţie împreună cu toate accesoriile , conexiunile şi piesele de suport aferente se numeşte " a p a r a t a j e l e c t r i c " sau pe scurt " a p a r a t a j ".

Exploatarea aparatelor electrice a condus la stabilirea unor cerinţe comune tuturor acestor aparate şi anume:

1. La funcţionarea în regimul nominal în nici o parte a unui aparat electric nu trebuie să fie depăşită temperatura admisibilă , iar în cazul scurtcircuitelor este necesar ca aparatul să aibă o anumită stabilitate termică, adică să reziste solicitărilor termice la care este supus.

2. Aparatele electrice trebuie să posede o anumită stabilitate electrodinamică, astfel încît la scurtcircuite să suporte solicitările mecanice datorite forţelor electrodinamice fără a se deteriora.

3. Aparatele electrice cu contacte , care închid şi deschid curenţi de sarcină sau scurtcircuite , trebuie să aibă sis-

temul de contacte corespunzător, capabil să suporte acţiunile arcului electric şi şocurile mecanice. Pentru aparatele cu frecvenţă mare de conectare se cere o mare stabilitate la uzură mecanică şi electrică.

4. Izolaţia aparatelor electrice trebuie să suporte supratensiunile la care este solicitată, chiar în condiţiile cele mai defavorabile oferite de mediul înconjurător , mai ales pentru aparatele de exterior expuse şi acţiunii agenţilor atmosferici.

5. Aparatele electrice trebuie să posede siguranţă mare în funcţionare.

6. Aparatele electrice trebuie să aibă o greutate cît mai redusă , gabarit cît mai mic şi să fie produse la un preţ de cost cît mai redus.

Obiectul cursului "Aparate electrice " îl constituie studiul fenomenelor care apar în aparatele electrice , construcţia, funcţionarea şi alegerea lor.

Scanned with OKEN Scanner

PARTEA INTÎI

BAZELE TEORIEI APARATELOR ELECTRICE

Scanned with OKEN Scanner

INCALZIREA APARATELOR ELECTRICE

1.1. Surse termice

Cauza încălzirii aparatelor este efectul termic al curentului electric datorită existenţei rezistenţei electrice, care transformă energia electrică în energie termică .Cînd energia termică dezvoltată nu este utilizată, constituie pierderi de energie inevitabile.

In cazul curentului continuu sediul pierderilor de energie îl constituie numai căile de curent. In curent alternativ mai apar pierderi de energie în circuitele magnetice active, în piesele feromagnetice situate în cîmpul magnetic al aparatului şi în dielectrici (izolaţia) .

Contactele electrice , în plus, pot fi supuse şi acţiunii termice a arcului electric atunci cînd se deschid.

Energia degajată într-un conductor este :

$$W = \int_0^t i^2 R \, dt,$$

unde W este energia ; i - curentul; $R = \rho \frac{l}{s}$ - rezistenţa ohmică a conductorului ;dt - durata trecerii curentului .

In curent alternativ rezistenţa conductorului creşte datorită efectului pelicular şi se poate calcula cu formula :

$$R_a = K_p R,$$

unde K_p este coeficientul pierderilor datorită efectului pelicular ce poate fi determinat din curbe [9] .

Apropierea conductoarelor parcurse de curenţi alternativi duce la creşterea pierderilor din cauza efectului de apropiere aproximat printr-un coeficient K_a. Rezistenţa conductorului devine:

$$R'_a = K_a R_a \text{ sau } R'_a = K_a K_p R = K_s R_a .$$

Coeficientul global K_s poartă numele de coeficientul pierderilor suplimentare.

In corpurile feromagnetice situate în cîmp magnetic variabil apar pierderi prin histerezis (P_H) , prin curenţi Foucault (P_F) şi prin vîscozitate magnetică care se neglijează:

$$P_{Fe} = P_H + P_F .$$

Pierderile prin histerezis constituie $\frac{2}{3}$ ... $\frac{3}{4}$ din totalul pierderilor în fier. Pierderile în fier se calculează cu formule empirice , pe componente sau global, cum ar fi :

$$W = \left[\sigma_H \frac{f}{100} + \sigma_F \left(\frac{f}{100}\right)^2 \right] B_m^2 \quad \left[\frac{W}{kg}\right],$$

unde B_m este inducţia în[T] ; σ_H şi σ_F coeficienţi daţi în tabele; f - frecvenţa curentului .

Pierderile în fier încălzesc circuitele magnetice.Pentru a le reduce, circuitele magnetice se pot construi din tole, se pot practica întrefieruri etc. Reducerea pierderilor în piesele feromagnetice situate în vecinătatea căilor de curent se poate face printr-o aşezare corespunzătoare a lor, prin introducerea de întrefieruri nemagnetice , prin folosirea spirelor în scurtcircuit sau prin utilizarea materialelor nemagnetice (silumin, duraluminiu, bronz, fontă nemagnetică .etc.).

La aparate de înaltă tensiune trebuie luate în considerare şi pierderile care apar în izolaţie. Aceste pierderi se pot determina cu formula:

$$W = 2\pi f C U \operatorname{tg} \delta ,$$

unde f este frecvenţa; C - capacitatea izolaţiei; U - tensiunea care solicită izolaţia; $\operatorname{tg} \delta$ - unghiul pierderilor în dielectrici.

Izolaţia se încălzeşte atît din cauza pierderilor în dielectric cît şi prin radiaţie de la căile de curent .

1.2. Propagarea căldurii

Schimbul de căldură între corpuri sau între părţi ale aceluiaşi corp care se află la temperaturi diferite , se numeşte propagarea sau transmisia căldurii.

Propagarea căldurii are loc :

1. totdeauna de la corpurile mai calde către cele mai puţin calde sau de la zone mai calde spre zone mai puţin calde;

2. cu atît mai intens cu cît diferenţa de temperatură este mai mare ;

3. durează pînă la egalarea temperaturilor.

Se cunosc trei forme ale schimbului de căldură : conducţia termică, convecţia şi radiaţia termică.

C o n d u c ţ i a t e r m i c ă este procesul de transmisie a căldurii în medii lipsite de mişcări aparente (solide, straturi subţiri de fluide) datorită mişcării termice a atomilor, moleculelor, căldura trecînd din aproape în aproape de la zone mai calde spre zone mai reci, la metale participînd şi electronii liberi.

Matematic acest proces este redat prin ecuaţia lui Fourier :

$$(1-1) \qquad dQ = -\lambda \frac{\partial \theta}{\partial x} \cdot ds\, dt,$$

unde: dQ - cantitatea de căldură transmisă pe direcţie x prin conducţie termică ; $\frac{\partial \theta}{\partial x}$ - diferenţa de temperatură pe unitate de lungime în direcţia x (grădientul de temperatură); λ - conductivitatea termică a materialului prin care se propagă căldura; ds - suprafaţa prin care trece căldura ; dt - durata trecerii căldurii.

Din ecuaţia lui Fourier se vede că λ, conductivitatea termică, este cantitatea de căldură care trece în unitate de timp printr-o suprafaţă egală cu unitatea pentru gradient de temperatu-

ră unitar (1 grd.m^{-1}) . Acest coeficient reprezintă o caracteristică a fiecărui material şi factorul cel mai important de care depinde este temperatura.

Semnul minus în ecuaţia lui Fourier apare datorită faptului că sensul transmisiei căldurii este contrar sensului gradientului de temperatură.

Din ecuaţia lui Fourier se poate obţine :

$$\varphi = \frac{dQ}{ds\,dt} = -\lambda \frac{\partial \theta}{\partial x} \quad ;$$

φ este cantitatea de căldură ce trece în unitate de timp pe unitate de suprafaţă, adică densitatea fluxului termic.

Fluxul termic , cantitatea de căldură ce trece pe secundă printr-o suprafaţă S, va fi :

$$\Phi = \varphi S \text{ sau } \Phi = -\lambda \frac{\partial \theta}{\partial x} \cdot S.$$

Ultima relaţie se poate uneori pune sub forma:

$$\Delta\theta = \Phi \cdot \frac{\Delta x}{\lambda s} \text{ sau } \Delta\theta = \Phi R_\theta ,$$

care este o expresie similară legii lui Ohm de la circuite electrice : căderea de temperatură este egală cu produsul dintre fluxul termic şi rezistenţa termică R_θ (semnul minus n-a fost luat în considerare).

Co n v e c ţ i a este schimbul de căldură datorat mişcărilor particulelor fluidelor (gaze sau lichide).

Dacă deplasarea particulelor are loc datorită numai diferenţelor de temperatură convecţia este naturală , iar dacă este ajutată cu energie din afară (vînt , pompe , ventilatoare etc) convecţia este forţată. Convecţia termică naturală sau forţată poate fi laminară dacă traiectoriile particulelor sînt paralele şi turbulentă dacă acestea sînt curbe oarecare.

Cantitatea de căldură cedată de un corp prin convecţie se poate calcula cu relaţia :

(1-2) $$\Phi = \alpha_c (\theta_2 - \theta_1) S ,$$

unde Φ este cantitatea de căldură cedată pe secundă prin suprafaţa S (fluxul termic); α_c - coeficientul de convecţie termică (căldura care pleacă de pe suprafaţa caldă de 1 m^2, în timp de o secundă, la diferenţa de 1^oC); θ_2 - temperatura suprafeţei care se răceşte în $[^oC]$; θ_1 - temperatura mediului de răcire, în $[^oC]$. Coeficientul de convecţie termică depinde de mulţi factori : 1) temperatura , viscozitatea şi densitatea mediului de răcire; 2)forma suprafeţei răcite, poziţia în cîmpul gravitaţional şi faţă de sensul deplasării fluidului; 3)viteza particulelor . Acest coeficient se calculează cu formule empirice sau se dă în tabele. Pentru aparate electrice situate în aer (convecţie naturală) se poate lua $\alpha_c \approx 10 \left[\frac{W}{m^2\ ^oC}\right]$.

R a d i a ţ i a termică reprezintă transformarea energiei interne a unui corp în energie radiantă şi transmisia ei mediului sau corpurilor înconjurătoare .

Ab s o r b ţ i a este procesul de transformare a energiei radiate captate în energia internă.

S c h i m b d e c ă l d u r ă p r i n r a d i a ţ i e este transmisia căldurii prin radiaţie şi absorbţie.

Căldura radiată poate fi calculată cu relaţia lui Ştefan-Boltzman:

$$(1 - 3)\quad \Phi = \alpha_r \left[\left(\frac{T_2}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_1}{100}\right)^4 \right] S,$$

unde Φ este căldura cedată pe secundă de suprafaţa $S(m^2)$-fluxul termic; T_2- temperatura absolută a corpului radiant, în $[^oK]$; T_1 - temperatura corpului încălzit , în $[^oK]$; α_r - coeficientul de radiaţie termică, în $[W/^oK^4\ m^2]$.

Corpurile închise şi mate favorizează transmisia căldurii prin radiaţie , iar cele deschise şi lucioase micşorează efectul

radiației.

În practică transmisia căldurii are loc combinat prin două sau toate trei forme de schimb de căldură. Dependența neliniară a cantității de căldură propagată de diferența de temperatură îngreunează mult calculele. De aceea uneori se folosește formula lui Newton :

$$\Phi = K_t S \vartheta, \qquad (1-4)$$

unde K_t este coeficientul total de transfer termic, în $\left[\frac{W}{m^2 \cdot grd.}\right]$ - adică puterea cedată de unitatea de suprafață la o supratemperatură de 1°C ; S - suprafața de cedare a căldurii, în $[m^2]$; $\vartheta = \theta_2 - \theta_1$ - supratemperatura în [°C]. Această formulă a găsit o folosire largă la calculul temperaturii corpurilor. Exactitatea calculelor depinde de exactitatea cunoașterii coeficientului total de transfer termic, K_t.

1.3. Încălzirea aparatelor electrice în regim staționar

Încălzirea în regim staționar are loc cînd temperatura unui aparat și a părților sale rămîne constantă în timp.

În regim staționar toată căldura degajată în aparat și în părțile sale se transmite mediului ambiant.

Încălzirea unui conductor neizolat.

În regim staționar căldura degajată ($Q_d = RI^2$) este egală cu căldura cedată / $Q_c = K_t S(\theta - \theta_0)$ /, adică :

$$R I^2 = K_t S(\theta - \theta_0). \qquad (1-5)$$

Formula (1-5) permite să se afle temperatura conductorului θ sau supratemperatura $\vartheta = \theta - \theta_0$. La conductoare rotunde (1-5) devine :

$$\frac{4 I^2 \rho_0 (1 + \alpha \theta)}{\pi d^2} = K_t \pi d (\theta - \theta_0), \qquad (1-6)$$

unde ρ_0 este rezistivitatea materialului la 0°C; d - diametrul

conductorului; α - coeficientul de variaţie a rezistenţei cu temperatura.

Deseori formula (1-6) se foloseşte pentru calculul secţiunii conductorului. In acest caz se utilizează sub forma :

$$d = \sqrt[3]{\frac{4I^2 \rho_0 (1+\alpha\theta_n)}{\pi^2 K_t (\theta_n - \theta_0)}} \quad \text{sau} \quad d = \sqrt[3]{\frac{4I^2 \rho_0 K_s (1+\alpha\theta_n)}{\pi^2 K_t (\theta_n - \theta_0)}},$$

unde θ_n este temperatura regimului nominal; θ_0 - temperatura mediului ambiant ; K_s - coeficientul pierderilor suplimentare (numai în curent alternativ).

La conductoare dreptunghiulare, unde $R = \rho \frac{l}{s} = \rho_0 \frac{1+\alpha\theta}{a\,b} l$, formula (1-5) se poate obţine sub forma :

$$(1\text{-}7) \qquad ab(a+b) = \frac{I^2 \rho_0 (1+\alpha\theta)}{2 K_t (\theta - \theta_0)},$$

unde a şi b sînt laturile conductorului . In curent alternativ membrul doi se multiplică cu factorul K_s. Formula permite, fie calcularea temperaturii conductorului θ sau supratemperaturii $\vartheta = \theta - \theta_0$, fie aflarea secţiunii conductorului . Dimensiunile conductorului pot fi stabilite numai dacă se admite raportul $m = a/b$. Atunci formula se poate scrie :

$$b = \sqrt[3]{\frac{I^2 \rho_0 (1 + \alpha\theta_n)}{m(m+1) 2 K_t (\theta - \theta_0)}} .$$

Incălzirea conductoarelor neizolate cu secţiune variabilă. In construcţia aparatelor electrice există deseori conductoare cu secţiune variabilă: siguranţe fuzibile, legături, contacte electrice etc.

In fig.1-1 sînt date cîteva exemple de conductoare cu secţiune variabilă şi repartiţia temperaturii pe direcţia axială. Se observă că temperatura este neuniformă de-a lungul conductoarelor , dar temperatura maximă în zona strangulată este mai mică

decît ar fi în cazul cînd secţiunea micşorată ar fi de lungime

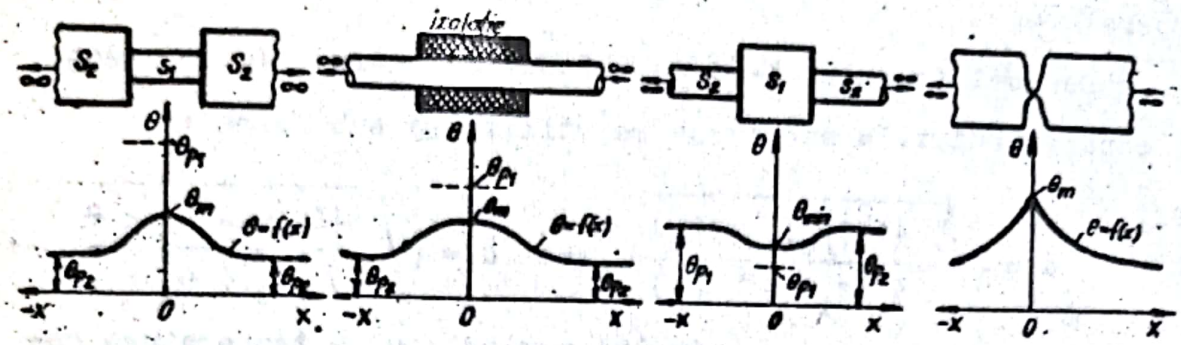


Fig.1 - 1

infinită ($\theta_n < \theta_p$). Acest lucru este folosit la construcţia siguranţelor fuzibile, a contacteler etc. Se observă că acelaşi efect îl are prezenţa izolaţiei pe o porţiune de conductor. Dacă manşonul este bun conducător termic se obţine micşorarea temperaturii în zona respectivă.

Încălzirea conductoarelor izolate. Să considerăm conductoare cu secţiune constantă acoperite cu un strat uniform de izolaţie (fig. 1-2).

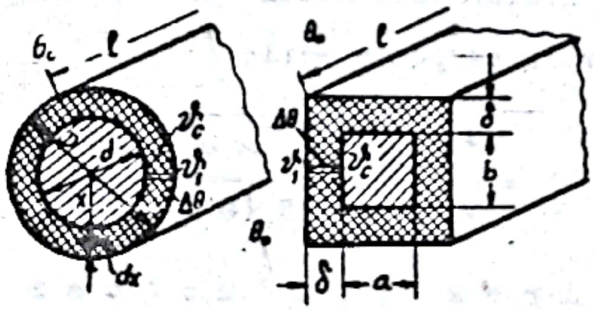


Fig.1-2

Supratemperatura suprafeţei izolaţiei conductorului (ϑ_1) faţă de mediul ambiant (θ_0) este:

$$\vartheta_1 = \theta_1 - \theta_0 .$$

Fluxul termic, străbătînd grosimea izolaţiei, produce în aceasta o cădere de temperatură $\Delta\theta$. Temperatura la suprafaţa conductorului va fi :

$$\theta_c = \theta_1 + \Delta\theta = \theta_o + \vartheta_1 + \Delta\theta ;$$

Pentru conductoare rotunde supratemperatura ϑ_1 se află uşor din formula lui Newton (1-4):

$$\vartheta_1 = \frac{\phi}{K_t \pi D \ell} = \frac{I^2 R K_s}{K_t \pi D \ell} .$$

Căderea de temperatură $\Delta\theta$ se deduce din relaţia lui Fourier, considerînd izolaţia conductorului un perete cilindric. Pentru un strat cu raza x această ecuaţie are forma:

$$\phi = -\lambda \frac{\partial \theta}{\partial x} \cdot 2\pi x \ell ,$$

care rezolvată în raport cu θ devine :

$$\int_{\theta_c}^{\theta_1} d\theta = \underbrace{\theta_1 - \theta_c}_{-\Delta\theta} = -\int_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}} \frac{\phi}{2\pi \ell \lambda x} dx = -\frac{\phi}{2\pi \ell \lambda} \ln \frac{D}{d} .$$

Întrucît $\theta_c > \theta_1$, atunci

$$\Delta\theta = \frac{\phi}{2\pi \ell \lambda} \ln \frac{D}{d} = \phi R_\theta ,$$

unde R_θ este rezistenţa termică a izolaţiei, egală cu $\frac{\ln \frac{D}{d}}{2\pi \ell \lambda}$.

Temperatura conductorului va fi :

$$\theta_c = \theta_o + \frac{\phi}{K_t \pi D \ell} + \frac{\phi}{2\pi \ell \lambda} \ln \frac{D}{d} .$$

La conductoare dreptunghiulare supratemperatura ϑ_1 va fi după formula lui Newton :

$$\vartheta_1 = \frac{\phi}{2K_t(a+b)} .$$

Folosind legea lui Fourier, putem scrie :

$$\int_{\theta_c}^{\theta_1} d\theta = \underbrace{\theta_1 - \theta_c}_{-\Delta\theta} = -\int_o^\delta \frac{\phi}{\lambda S} dx = -\int_o^\delta \frac{\phi}{2\lambda(a+b)\ell} dx = -\frac{\phi\delta}{2\lambda\ell(a+b)}$$

unde grosimea izolaţiei n-a fost luată în considerare la calculul

suprafeţei laterale S.

Intrucît $\theta_c > \theta_1$, temperatura conductorului va fi :

$$\theta_c = \theta_o + \frac{\phi}{2K_t(a+b)} + \frac{\phi}{2\lambda\ell(a+b)},$$

unde δ este grosimea izolaţiei ; λ - conductivitatea termică a izolaţiei .

I n c ă l z i r e a b o b i n e l o r. Bobinele aparatelor electrice sînt corpuri neomogene din punct de vedere termic şi de aceea încălzirea este neuniformă, iar calculul temperaturii maxime,dificil.

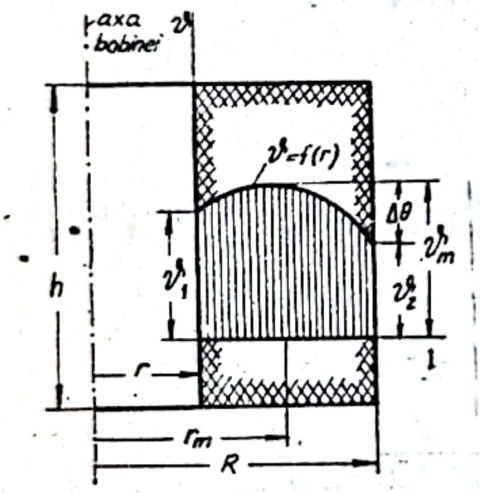


Fig.1-3

Temperatura maximă a bobinei este : $\theta_m = \vartheta_m + \theta_o$.

Dacă se admite că $\vartheta_m \approx \vartheta_1$, atunci putem scrie :

$$\theta_m = \vartheta_2 + \Delta\theta + \theta_o .$$

Supratemperatura ϑ_2 se calculează uşor cu formula lui Newton :

$$\vartheta_2 = \frac{\phi}{K_t 2\pi Rh} .$$

Căderea de temperatură $\Delta\theta = \vartheta_m - \vartheta_2$ se deduce mai dificil. Formula finală este:

$$\theta_m = \frac{\phi}{K_t 2\pi Rh} + \frac{P}{2\lambda_c} r_m^2 \ln\frac{R}{r} + \frac{P}{4\lambda_e}(R^2-r^2) + \theta_o ,$$

unde $P = \frac{RI^2}{h\pi(R^2-r^2)}$ sînt pierderile în unitatea de volum a bobinei , λ_e - coeficientul de conductivitate termică al izolaţiei, la conductoare rotunde $\lambda_e = 0{,}6\,\lambda_{iz}\,\frac{d}{2\delta}$, unde d este diametrul conductorului fără izolaţie, δ - grosimea izolaţiei, λ_{iz} - coeficientul de conductivitate termică al izolaţiei .

Pentru bobine dreptunghiulare calculul devine şi mai complicat şi mai nesigur.

Este mai convenabil în condiţiile exploatării să se determine temperatura maximă a bobinelor pe cale experimentală. Rezultatele sînt mai aproape de realitate.

1.4. Incălzirea aparatelor electrice în regim nestaţionar.

In regim nestaţionar temperatura este variabilă în timp. La cuplarea aparatelor temperatura elementelor sale nu se stabileşte brusc la valoarea de regim permanent. La decuplare, de asemenea , temperatura părţilor componente ale unui aparat nu revine instantaneu la temperatura iniţială. Acelaşi lucru se petrece la scurtcircuite sau la o variaţie bruscă a curentului.

I n c ă l z i r e a ş i r ă c i r e a u n u i c o n d u c t o r î n t i m p , p e n t r u r e g i m u l d e l u n g ă d u r a t ă .

Regimul de lungă durată se consideră regimul în care curentul în conductor (aparat) se menţine pînă cînd acesta a ajuns la temperatura de regim care nu va fi depăşită chiar dacă conductorul rămîne parcurs de curent timp nelimitat.

Dacă în regim staţionar căldura cedată mediului ambiant poate fi calculată cu formula lui Newton, atunci bilanţul termic va fi:

$$dW_{degajată} = dW_{acumulată} + dW_{cedată}$$

sau

$$(1-8)\, P\, dt = C\, d\vartheta + K_t S \vartheta\, dt,$$

unde P este puterea termică degajată în conductor; C= cM - capacitatea termică a conductorului ; c - căldura specifică ; M-masa conductorului ; $\vartheta = \Theta - \Theta_0$ - supratemperatura .

Soluţia ecuaţiei (1 - 8) se deduce uşor:

$$\vartheta = \vartheta_0\, e^{-\frac{t}{\tau}} + \vartheta_p \left(1 - e^{\frac{-t}{\tau}}\right),$$

unde ϑ_0 este supratemperatura inițială (t=o); ϑ_p -supratemperatura de regim permanent egală cu :

$$\vartheta_p = \frac{P}{K_t S} ,$$

τ - constanta de timp, egală cu $C/K_t S$.

In fig.1-4 este reprezentată funcția $\vartheta_{(t)}$ (curba 1).

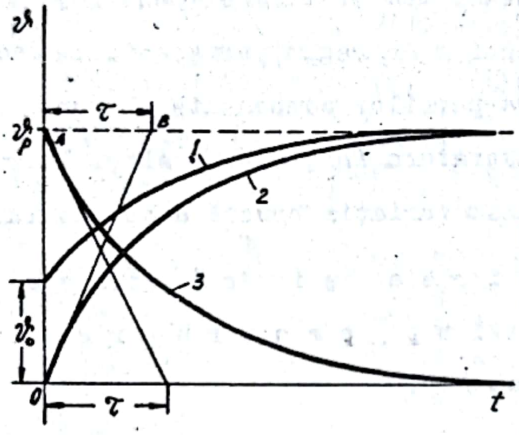


Fig.1-4

Pentru $\vartheta_0 = 0$ funcția $\vartheta(t)$ are forma dată de curba 2.

Cu cît constanta de timp este mai mare cu atît conductorul se încălzește mai lent .Dacă se duce tangenta la curba $\vartheta_{(t)}$ din origine se poate demonstra că segmentul AB determinat pe paralela dusă la axa absciselor din punctul $\vartheta = \vartheta_p$ reprezintă la scara timpului valoarea constantei de timp.

Dacă încălzirea ar avea loc fără cedare de căldură ecuația bilanțului termic are forma :

$$Pdt = C\, d\vartheta ,$$

iar soluția este :

$$\vartheta = \frac{P}{C} t .$$

Dar cum $P = K_t S \vartheta_p$, iar $\tau = \frac{C}{K_t S}$, atunci :

$$\vartheta = \frac{\vartheta_p}{\tau} t ,$$

adică încălzirea are loc după tangenta la curba $\vartheta(t)$ în origine. Deci constanta de timp, fizic, reprezintă timpul necesar încălzirii pînă la temperatura de regim în condiţiile necedării căldurii degajate. Practic încălzirea fără schimb de căldură poate avea loc dacă durata este sub o zecime din valoarea constantei de timp.

După întreruperea curentului ($Pdt = 0$), conductorul se răceşte şi în acest caz ecuaţia bilanţului termic devine :

$$0 = Mcd\vartheta + K_t S \vartheta dt,$$

a cărei soluţie

$$\vartheta = \vartheta_p e^{-\frac{t}{\tau}}$$

este reprezentată în fig.1-4 prin curba 3.

I n c ă l z i r e a u n u i c o n d u c t o r în regim de scurtă durată . In regimul de scurtă durată curentul se menţine cel mult pînă la atingerea temperaturii de regim după care se întrerupe cel puţin pînă ce conductorul revine la starea termică iniţială.

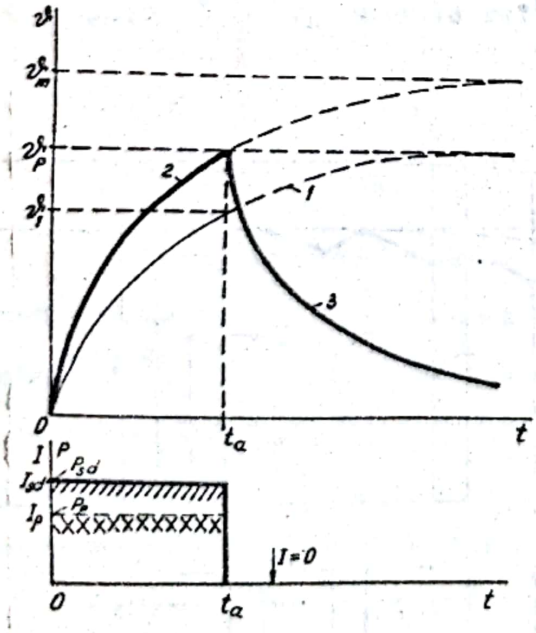


Fig.1-5

Pentru lungă durată curentul I_p se ia astfel încît încălzirea are loc după curba 1(fig. 1-5), atingîndu-se în final supratemperatura de regim permanent ϑ_p. La acelaşi curent, pentru scurtă durată se obţine o încălzire mai mică ϑ_i. Ca să fie atinsă şi la scurtă durată încălzirea de regim permanent trebuie ca încălzirea să se facă la un curent mai mare I_{sd} după curba 2. Rezultă că aparatele dimensionate pentru regim permanent pot fi supraîncăr-

cate la scurtă durată şi invers.

Coeficientul de suprasarcină termică admisibilă sau pentru pierderile de putere va fi :

$$K_\theta = K_p = \frac{\vartheta_p}{\vartheta_1} = \frac{\vartheta_m}{\vartheta_p} = \frac{P_{sd}}{P_p} = \frac{\vartheta_p}{\vartheta_p(1-e^{-\frac{t_p}{\tau}})} = \frac{1}{1-e^{-\frac{t_a}{\tau}}} > 1 .$$

Fiindcă pierderile sînt proporţionale cu patratul curentului , coeficientul de suprasarcină pentru curent va fi:

$$K_I = \frac{I_{sd}}{I_p} = \sqrt{K_p} = \sqrt{\frac{1}{1-e^{-\frac{t_a}{\tau}}}} .$$

Încălzirea unui conductor în regim periodic intermitent (RPI).

In regimul periodic intermitent timpii de lucru (t_a) sînt urmaţi de timpi de pauză (t_p) , iar în perioada de lucru conductorul nu depăşeşte supratemperatura de regim permanent (ϑ_p) .

Conductorul sau aparatul în acest regim se încălzeşte după curbele în zigzag din fig.1-6.

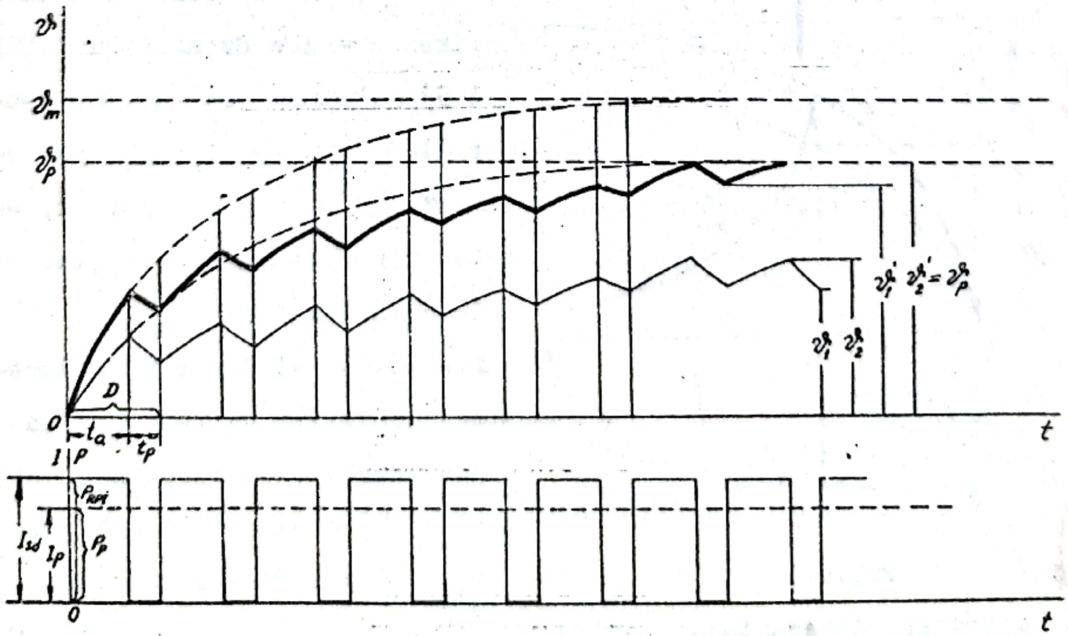


Fig.1-6

In pauză conductorul nu are timp să se răcească pînă la temperatura mediului ambiant . Durata ciclului de exploatare trebuie să îndeplinească condiţia : $D = t_a + t_p < 10$ min. Raportul DRC = $\frac{t_a}{t_a+t_p}$ sau DRC% = $\frac{t_a}{t_a + t_p}$ 100 poartă numele de durată relativă de conectare şi prin STAS 553-68 se fixează valorile 10; 25; 40;60 şi 100% . La aparatele cu funcţionare RPI, fără specificarea DRC , se ia 60%.

Si pentru acest regim pot fi calculaţi coeficienţii de suprasarcină.

Coeficientul de suprasarcină termică sau în pierderi de putere va fi :

$$K_\theta = K_p = \frac{P_{RPI}}{P_p} = \frac{\vartheta_m}{\vartheta_p} = \frac{1 - e^{-\frac{t_a+t_p}{\tau}}}{1 - e^{-\frac{t_a}{\tau}}} .$$

Coeficientul de suprasarcină pentru curent va fi :

$$K_I = \frac{I_{RPI}}{I_p} = \sqrt{\frac{1 - e^{-\frac{t_a+t_p}{\tau}}}{1 - e^{-\frac{t_a}{\tau}}}} .$$

Dacă $\tau \gg t_a$, aceste relaţii devin :

$$K_\theta = \frac{t_a + t_p}{t_a} = \frac{1}{DRC} ; \quad K_I = \sqrt{\frac{t_a + t_p}{t_a}} = \sqrt{\frac{1}{DRC}}$$

In exploatare se va avea în vedere faptul că orice aparat construit pentru regim de lungă durată poate fi supraîncărcat în regim RPI cu o suprasarcină cel mult egală cu cea dată de coeficienţii de suprasarcină . Aparatele dimensionate pentru regim RPI trebuie obligatoriu subîncărcate corespunzător, dacă se folosesc pentru regim de lungă durată.

Încălzirea unui conductor la scurtcircuit.

Scurtcircuitul este un regim de scurtă durată cu următoa-

rele particularităţi:

1. densităţi mari sau foarte mari de curent ;
2. durată relativ scurtă (maximum cîteva secunde);
3. variaţie complicată a curentului de scurtcircuit;
4. variaţie mare a temperaturii în timp scurt (35-400°C).

Incălzirea are loc adiabatic şi bilanţul termic are forma:

$$P\,dt = G\,M\,d\vartheta,$$

de unde se deduce :

$$d\vartheta = \frac{P}{GM}\,dt = \frac{\rho}{\gamma c} K_s \left(\frac{i}{s}\right)^2 dt,$$

unde i este valoarea instantanee a curentului ; ρ - rezistivitatea ; c- căldura specifică ; γ - masa specifică ; s - secţiunea conductorului. Principial ρ şi c sînt variabile în timp funcţie de temperatură, iar curentul, variabil în timp . Dacă aceste mărimi le considerăm constante, atunci vom avea:

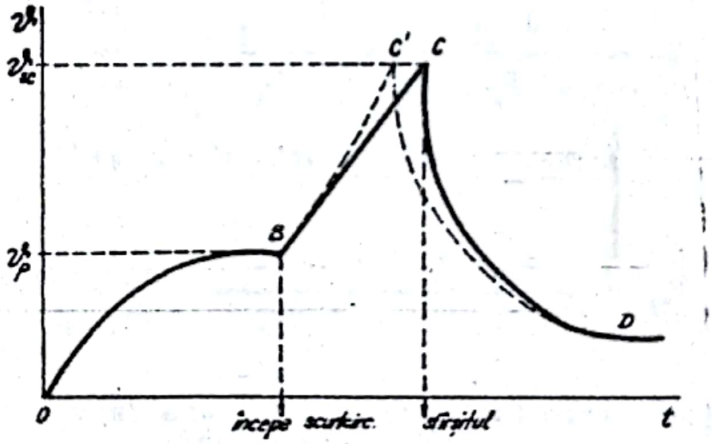


Fig.1-7

$$\vartheta_{kc} = \frac{\rho_{cald}}{\gamma c_{cald}} K_s J^2 t + \vartheta_p ,$$

unde ϑ_p este temperatura de regim permanent ; J - densitatea curentului.

Incălzirea conductorului are loc practic după o dreaptă (curba BC , fig.1-7), dar ea poate avea loc şi după o curbă

exponenţială (curba BC', fig.1-7) . Răcirea are loc ca şi pentru regimul normal.

S t a b i l i t a t e a t e r m i c ă a a p a r a t e l o r e l e c t r i c e .

Proprietatea aparatelor de a suporta acţiunea termică a unui curent de lungă durată fără a depăşi temperaturile prescrise este exprimată practic prin valoarea curentului nominal.

Această proprietate la scurtcircuite este dată de curentul de stabilitate termică.

Capacitatea unui conductor sau aparat electric de a suporta termic curenţii de scurtcircuit , rămînînd în stare de funcţionare , se numeşte stabilitate termică.

Curentul de stabilitate termică sau curentul limită termic, exprimat în K A$_{ef}$, este cel mai mare pe care-l poate suporta un aparat un timp prescris (1;5 ; 1o s) , fără ca temperatura părţilor conductoare de curent să depăşească valorile limită permise. Legătura între curenţii limită termici este dată de relaţia :

$$I_1^2 \cdot 1 = I_5^2 \cdot 5 = I_{1o}^2 \cdot 1o = I_t^2 \cdot t,$$

valabilă pentru t $<$ 1o s.

1.5. <u>Temperaturi admisibile la regim de lungă durată şi scurtcircuit.</u>

Temperatura regimului permanent are două componente:

$$\Theta_p = \Theta_a + \vartheta_n,$$

unde Θ_a este temperatura mediului ambiant standardizată la cîteva valori fixe în ţara noastră (+35°C , + 4o°C etc.); ϑ_n - supratemperatura de regim. Valorile standardizate ale lui Θ_n sau ϑ_n sînt date în standuri ca de ex.: STAS 553-68; STAS 3686-63; STAS 4195-62 etc.

In cazul scurtcircuitului temperatura va fi :

$$\theta_{sc.ad} = \theta_p + \nu_{sc.ad} ,$$

unde $\theta_{sc.ad}$ este temperatura maximă admisă la scurtcircuit ; $\nu_{sc.ad}$ - supratemperatura admisă . Supratemperaturile la scurtă durată (scurtcircuit) sînt, de asemenea , date în standarde aşa cum se poate vedea în STAS 3686-63.

Dacă temperatura reală a mediului ambiant(θ_n) diferă de valoarea prescrisă (+ 35°C sau + 40°C), curentul de sarcină poate fi majorat sau micşorat conform cu relaţia :

$$I_x = I_p \sqrt{\frac{\theta_p - \theta_a}{\theta_p - 35^\circ}} .$$

Dacă $\theta_a < + 35^\circ C$, respectiv +40°C, suprasarcina nu trebuie să depăşească 20%.

1.6. Cîteva metode de determinare experimentală a temperaturii

M e t o d a t e r m o m e t r u l u i se foloseşte pentru măsurarea temperaturii mediului ambiant (θ_a) , a temperaturii fluidelor (gaze , ulei, apă, etc.) sau a pieselor masive la care prezenţa lui nu influenţează starea termică a obiectului. In cîmpuri magnetice alternative folosirea termometrului cu mercur este interzisă şi se admite termometrul cu alcool . Temperatura este corect citită dacă variaţia temperaturii este sub 1 grad/oră . Se va avea în vedere că regimul permanent se stabileşte după un timp lung : $t \geqslant (4 - 5)\tau$.

M e t o d a t e r m o c u p l u l u i este mult folosită deoarece permite măsurarea temperaturilor pieselor mari şi mici, cu posibilitatea de înregistrare. Termocuplul trebuie să fie bine fixat de locul de măsurare , ferit de influenţa cîmpurilor magnetice , aparatul de măsură gradat în aceleaşi condiţii ca şi cele de măsurare.

M e t o d a r e z i s t e n ţ e i a găsit întrebuinţare la măsurarea temperaturii bobinelor.

Cu o punte de precizie se măsoară rezistenţa bobinajului în stare rece (R_1) şi în stare caldă (R). Din raportul rezistenţelor se deduce temperatura bobinei în stare caldă.

$$\frac{R}{R_1} = \frac{R_0(1+\alpha\theta)}{R_0(1+\alpha\theta_1)} = \frac{1+\alpha\theta}{1+\alpha\theta_1} \quad \text{sau} \quad \frac{R-R_1}{R_1} = \frac{\alpha(\theta-\theta_1)}{1+\alpha\theta_1},$$

de unde :

$$\theta = \frac{R-R_1}{R_1}\left(\frac{1}{\alpha} + \theta_1\right) + \theta_1 ,$$

iar supratemperatura faţă de mediul ambiant va fi :

$$\vartheta = \theta - \theta_a = \frac{R-R_1}{R_1}\left(1/\alpha + \theta_1\right) + \theta_1 - \theta_a .$$

La cupru $1/\alpha \approx 234{,}5$, iar la aluminiu $1/\alpha \approx 245$.

Temperatura maximă va fi :

$$\theta_m = 2\theta - \theta_1 + \vartheta_s ,$$

unde ϑ_s-supratemperatura suprafeţei exterioare a bobinei care se poate măsura sau calcula cu formula lui Newton.

M e t o d a t e r m o c u l o r i l o r se poate folosi pentru contacte. Termoculorile îşi modifică culoarea la depăşirea unei anumite temperaturi.

M e t o d e g r a f i c e . Aceste metode se folosesc pentru a scurta timpul necesar măsurării temperaturii de regim.

In fig.1-8 se indică o astfel de metodă . Pe o porţiune a curbei de încălzire AB obţinută experimental se determină creşterile de temperatură $\Delta\vartheta_1$, $\Delta\vartheta_2$, $\Delta\vartheta_3$ pentru intervale egale de timp Δt, relativ mici.

Se calculează rapoartele $\Delta v_1^g / \Delta t$, $\Delta v_2^g / \Delta t$, $\Delta v_3^g / \Delta t$

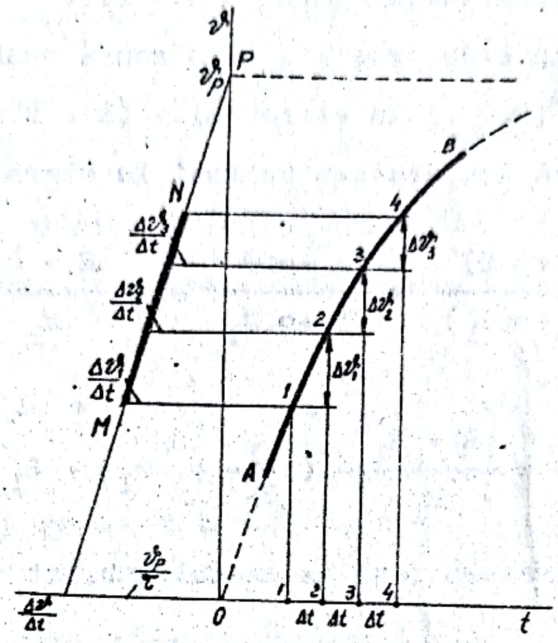


Fig.1-8

şi se aşează ca în figură .Segmentul OP determinat de dreapta MN pe axa ordonatelor reprezintă la scara temperaturilor v_p^g, iar segmentul de pe axa absciselor raportul v_p^g / τ din care se deduce τ .

2. FORTE ELECTRODINAMICE

2.1. Generalităţi

Forţele mecanice exercitate asupra conductoarelor străbătute de curenţi electrici , situate într-un cîmp magnetic creat de un curent electric, se numesc forţe electrodinamice.

In fig.2-1 sînt arătate cîteva cazuri ale acţiunilor forţelor electrodinamice. Forţele electrodinamice tind să mărească conturul circuitului care poate avea ca efect autodeschiderea întrerupătorului sau separatorului (fig.2-1,a şi c), alungirea arcului (fig. 2-1,b), solicitarea la întindere a unei spire (fig.2-1,d). Tinînd seama că curenţii de acelaşi sens se atrag , iar de sens contrar se resping, se observă că forţele electrodinamice acţionează să apropie două spire parcurse de curenţi de acelaşi sens (fig. 2-1,e) , produc compresia bobinajelor (fig.2-1,f), comprimă coloana de arc (fig.2-1,g), pot provoca autodeschiderea sau vibraţia contactelor (fig.2-1,h), atrag conductoarele de masele feromagnetice (fig.2-1,i), solicită barele de distribuţie (fig.2-1,j), sînt folosite pentru a evita autodeschiderea separatoarelor (fig.2-1,k) etc.

Acţiunea forţelor electrodinamice devine importantă la scurtcircuite cînd curenţii de scurtcircuit pot creşte foarte mult.

Capacitatea unui aparat de a rezista acţiunii mecanice

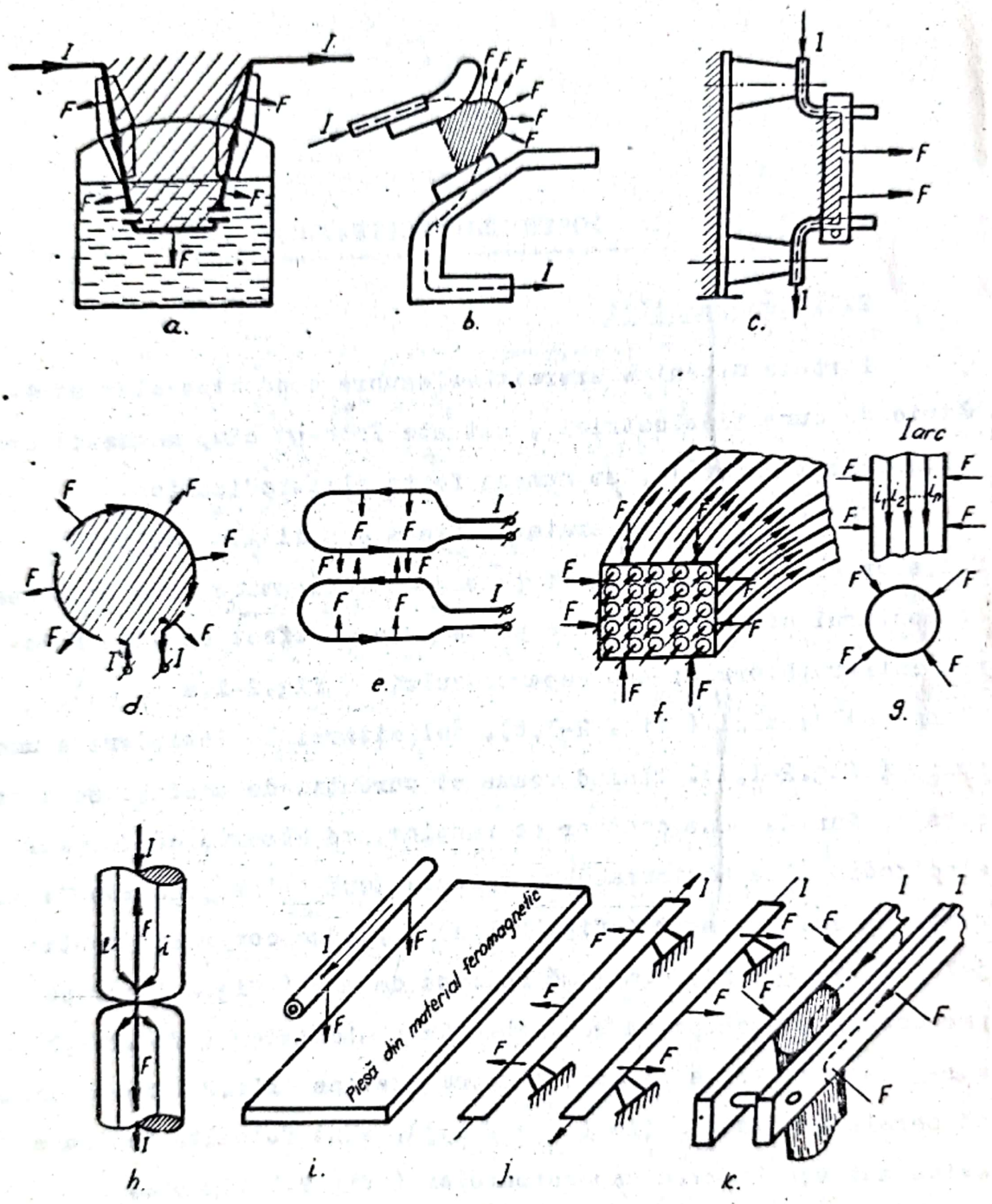


Fig.2-1

Scanned with OKEN Scanner

a forţelor electrodinamice datorite amplitudinii maxime a curentului de scurtcircuit, exprimată în kA (valoare maximă), fără a suferi deteriorări sau deformaţii permanente care ar putea împiedeca buna funcţionare în viitor, se numeşte stabilitate electrodinamică.

Cea mai mare valoare instantanee (amplitudine) a curentului pe care aparatul îl poate suporta din punct de vedere al eforturilor electrodinamice , fără a fi deteriorat şi fără a se suda contactele, se numeşte curent limită dinamic.

Capacitatea electrodinamică se poate exprima , fie prin curentul limită dinamic i_{din}, fie prin raportul dintre acesta şi amplitudinea curentului nominal:

$$K_{din} = \frac{i_{din}}{\sqrt{2}\ I_2} .$$

Uneori capacitatea electrodinamică se exprimă prin valoarea efectivă a curemtului de şoc care apare în perioada după începutul scurtcircuitului.

2.2. Metode de calcul ale forţelor electrodinamice.

M e t o d a b a z a t ă p e l e g e a Biot-Savart - Laplace . Dacă un element de curent de lungime $d\ell$ (fig.2-2) se află în cîmpul magnetic cu inducţia $\vec{B}$, generat de alte conductoare parcurse de curent , atunci forţa $d\vec{F}$ care acţionează asupra acestui element este:

$d\vec{F} = i(d\vec{\ell} \times \vec{B})$ sau scalar

$dF = iB\, d\ell \sin\beta$.

Forţa electrodinamică ce acţionează asupra lungimii ℓ a conductorului este :

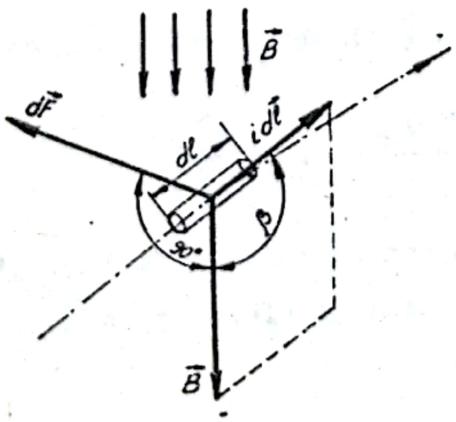


Fig.-2-2

$$F = \int_0^{\ell} dF = \int_0^{\ell} Bi \sin\beta \, d\ell \quad \text{sau}$$

$$F = \int_0^{\ell} B\, i \, d\ell \quad \text{dacă} \quad \beta = 90^{\circ};$$

adică conductoarele sînt coplanare .

Inducţia se determină cu formula lui Biot - Savart-Laplace.

M e t o d a f o r ţ e l o r g e n e r a l i z a t e (L a g r a n g i e n e).

Dacă se neglijează energia electrostatică a unui sistem şi se consideră că prin deformarea contururilor parcurse de curenţi sau prin desfacerea lor valoarea curentului nu se modifică, atunci forţa electrodinamică va fi :

$$F = \frac{\partial W}{\partial x},$$

unde W este energia electromagnetică ; dx - deplasarea elementară pe direcţia x de acţionare a forţei.

Energia electromagnetică pentru un contur se poate exprima cu relaţiile :

$$W = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2} \Psi i = \frac{1}{2} N \Phi i,$$

unde Ψ este înlănţuirea magnetică ; Φ - fluxul ; N - numărul de spire .

Forţa electrodinamică va fi :

$$F = \frac{\partial W}{\partial x} = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{dx} = \frac{1}{2} i \frac{\partial \Psi}{\partial x} = \frac{1}{2} iN \frac{\partial \Phi}{\partial x}.$$

In cazul a două circuite rigide (L_1=ct, L_2=ct) vom avea:

$$F = \frac{\partial\left(\frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M i_1 i_2\right)}{\partial x} = i_1 i_2 \frac{\partial M}{\partial x}.$$

Forţa care acţionează asupra conturului va fi îndreptată în sensul ca inductanţa, fluxul total şi fluxul prin deformarea conturului să crească.

2.3. Forţe electrodinamice la conductoare paralele

Conductoare filiforme de lungime finită (fig.2-3).

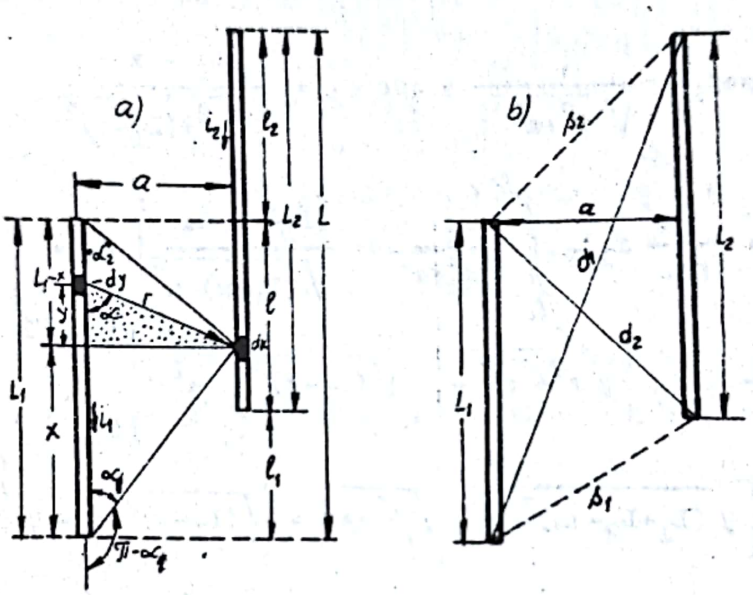


Fig.2-3

Conform legii Biot - Savart - Laplace inducţia elementară dată de elementul de curent $i_1 dy$ în locul ocupat de elementul dx este dată de relaţia :

$$dB = d(\mu_0 H) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i_1 dy}{r^2} \sin\alpha ,$$

unde $\mu_0 = 4\cdot\pi\, 10^{-7}$ H/m este permiabilitatea aerului ; α - unghiul între curentul i_1 şi raza r, de la dy spre dx. Inducţia dată de întreg conductorul L_1 în locul ocupat de elementul dx va fi:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} i_1 \int_0^{L_1} \frac{\sin\alpha}{r^2} dy .$$

Dacă avem în vedere că :

$y = \frac{a}{tg\alpha}$; $r = \frac{a}{\sin\alpha}$; $dy = -\frac{a}{\sin^2\alpha} d\alpha$ se obţine

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} i_1 \int_{\pi-\alpha_2}^{\alpha_1} \frac{\sin\alpha}{a} d\alpha = \frac{\mu_0}{4\pi} i_1 \frac{\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2}{a}.$$

Forţa electrodinamică cu care conductorul L_1 parcurs de curent acţionează asupra elementului dx este :

$$dF_x = Bid\ell = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2}{a} i_1 i_2 dx.$$

Dar:

$$\cos\alpha_1 = \frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}} ; \cos\alpha_2 = \frac{L_1 - x}{\sqrt{a^2+(L_1-x)^2}}$$

şi atunci :

$$F_x = \frac{\mu_0}{4\pi a} i_1 i_2 \int_{\ell_1}^{\ell_1+L_2} \left[\frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}} + \frac{(L_1 - x)dx}{\sqrt{(L_1-x)+a^2}} \right] dx =$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi a} i_1 i_2 \left| \sqrt{x^2+a^2} - \sqrt{(L_1-x)^2+a^2} \right|_{\ell_1}^{\ell_1+L_2} \quad \text{sau}$$

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi a} i_1 i_2 \left[\sqrt{(L_1+L_2-\ell)^2+a^2} + \sqrt{\ell^2+a^2} - \sqrt{(L_1-\ell)^2+a^2} - \sqrt{(L_2-\ell)^2+a^2} \right].$$

Dacă cu cele conductoare ca laturi cônstruim un trapez (fig.2-3,b)şi înlocuim $\mu_0 = 4\pi\ 10^{-7}$ H/m găsim o formulă simplă a forţei :

$$(2\text{-}1)\quad F = i_1 i_2 \frac{(d_1+d_2) - (s_1+s_2)}{a} 10^{-7} \ [N] \quad \text{sau}$$

$$F = i_1 i_2 C\ 10^{-7} [N] \quad \text{sau pentru } i_1 = i_2 = i : \quad F = Ci^2 \cdot 10^{-7} [N].$$

Coeficientul C - denumit coeficientul de contur - este egal în acest caz cu raportul diferenţei dintre suma diagonalelor şi suma laturilor neparalele la distanţa dintre conductoare.

Formula (2-1) este uşor de reţinut şi permite găsirea formulei de calcul pentru orice caz particular al conductoarelor paralele.

Dacă conductoarele au configuraţia din fig.2-4 (dreptunghi), atunci vom avea :

Scanned with OKEN Scanner

$$F=i_1 i_2 \frac{(d+d)-(a+a)}{a} 10^{-7} = \frac{2i_1 i_2}{a}(\sqrt{a^2+\ell^2}-a) \text{ sau}$$

$$F=2\, i_1 i_2 \frac{\ell}{a}\left(\sqrt{1+\frac{a^2}{\ell^2}} - \frac{a}{\ell}\right) \quad [N].$$

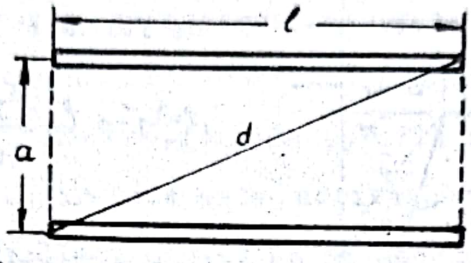


Fig.2-4

Dacă distanţa dintre conductoare este mult mai mică decît lungimea lor, $a/\ell \ll 1$ (cazul conductoarelor infinit lungi) , atunci raportul a/ℓ se neglijează şi formula devine :

$$F = 2i_1 i_2 \frac{\ell}{a} 10^{-7} \quad [N].$$

Situaţia rămîne valabilă şi pentru cazul cînd numai un conductor are lungimea practic infinită.

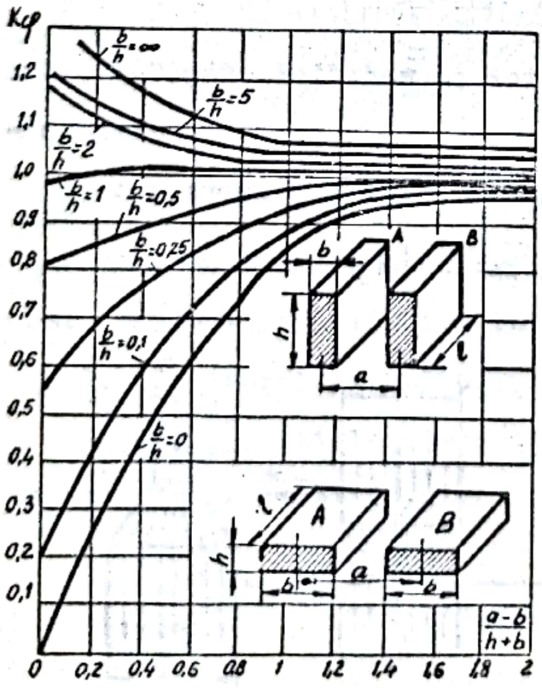


Fig.2-5

Formula rămîne valabilă şi în cazul conductoarelor cu secţiune dată, fiind afectată de un coeficient K_φ:

$$F=2i_1 i_2 \frac{\ell}{a} K_\varphi 10^{-7} \quad [N].$$

Coeficientul K_φ se determină din curbele lui Dwight date în fig.2-5.

Fluxul elementar este :

$$d\phi = B(\ell\, dx) = \mu_0 \frac{i}{\delta_x} (\ell\, dx) \text{ sau } \frac{d\phi}{dx} = \mu_0\, i\, \frac{\ell}{\delta_x} \text{ şi}$$

deci forţa devine :

$$F_x = \frac{\mu_0 i^2}{2} \frac{\ell}{\delta_x} \text{ sau } F_x = 2\pi i^2 \frac{\ell}{\delta_x} 10^{-7} \text{ [N]}.$$

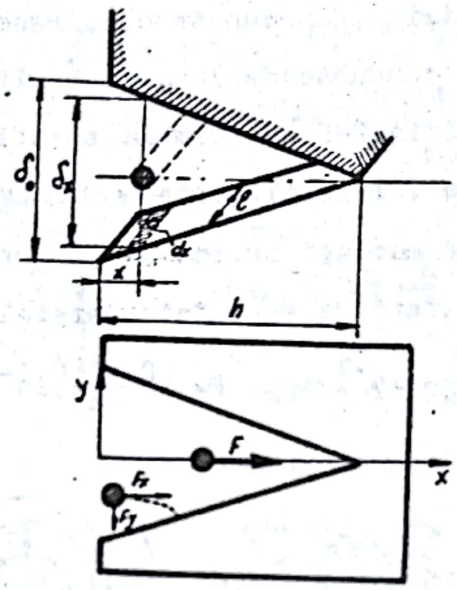


Fig.2-9

Se observă că forţa creşte pe măsură ce δ_x scade, adică conductorul se apropie de fundul nişei.Camerele de stingere cu grile deion de la aparatele electrice folosesc acest gen de forţe.

Dacă nişa este cu secţiunea dreptunghiulară forţa este constantă .Asupra conductorului nesituat pe axa nişei apar componente ale forţei , conductorul fiind atras şi spre perete.

2.7. Forţe electrodinamice la conductoare circulare.

In cazul unei spire circulare (fig.2-10) forţele electrodinamice radiale F_R pot fi deduse , considerînd variaţia energiei magnetice:

$$F_R = \frac{i^2}{2} \frac{dL}{dR} .$$

Dacă $r/R \leq 0{,}25$, inductanţa şi derivata vor fi :

$$L = \mu_o R\left(\ln \frac{8R}{r} - 1{,}75\right)\ [H] \text{ şi } \frac{dL}{dR} = \mu o\left(\ln \frac{8R}{r} - 0{,}75\right).$$

Inlocuind, obţinem expresia forţei :

$$F_R = \frac{\mu_o}{2} i^2\left(\ln \frac{8R}{r} - 0{,}75\right) \text{ sau } F_R = 2\pi\, 10^{-7} i^2\left(\ln \frac{8R}{r} - 0{,}75\right)[N].$$

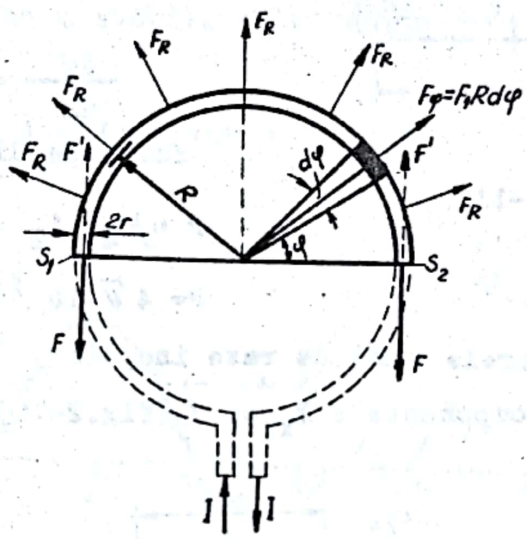


Fig.2-10

Forţa F_R este repartizată pe circomferinţa de lungime $2\pi R$. Pe unitate de lungime va acţiona forţa:

$$F_1 = \frac{F_R}{2\pi R},$$

iar pe un arc $Rd\varphi$, subîntins de unghiul $d\varphi$, acţionează forţa :

$$F_{d\varphi} = F_1 R d\varphi = \frac{F_R}{2\pi} d\varphi.$$

Forţa F care tinde să rupă spira este dată de suma proiecţiilor forţelor radiale de pe un sfert de spiră pe direcţia ruperii:

$$F = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{F_R}{2\pi} \cos\varphi\, d\varphi = \frac{F_R}{2\pi} \sin\varphi \Big|_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{F_R}{2\pi}$$

şi deci : $$F = i^2\left(\ln \frac{8R}{r} - 0{,}75\right)10^{-7} \quad [N].$$

Pentru două spire paralele de aceeaşi rază (fig.2-11), la care curenţii şi inductanţele proprii nu variază, forţa electrodinamică se deduce analog:

$$F = i_1 i_2 \frac{dM}{dh} .$$

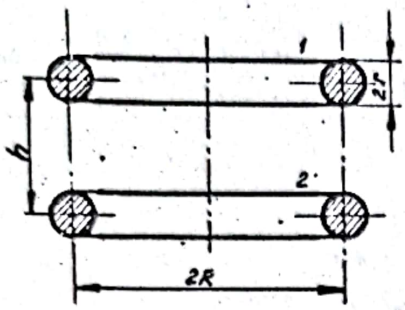


Fig.2-11

Inductanţa mutuală şi derivata sa în raport cu h fiind :

$$M = \mu_o R \left(\ln \frac{8R}{h} - 2 \right) \text{ şi}$$

$$\frac{dM}{dh} = \mu_o \frac{R}{h} ,$$

forţa pe direcţia h va fi:

$$F = \mu_o i_1 i_2 \frac{R}{h} \text{ sau}$$

$$F = 4\pi \, 10^{-7} \, i_1 i_2 \frac{R}{h} \quad [N].$$

Dacă spirele sînt de raze inegale , forţa electrodinamică F are două componente : F_x şi F_y(fig.2-12).

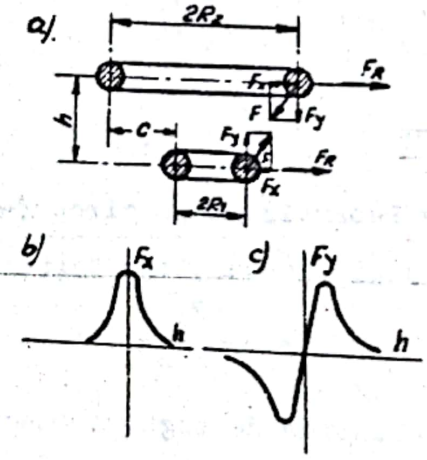


Fig.2-12

Inductanţa mutuală este :

$$M = \mu_o R_1 \left[\ln \frac{8R_1}{\sqrt{h^2+c^2}} + 2 \right] ;$$

unde $C = R_2 - R_1$. Forţa F va fi :

$$F = i_1 i_2 \frac{dM}{dh} = \mu_o i_1 i_2 \frac{R_1 h}{\sqrt{h^2+c^2}} \text{ sau } F = 4\pi \, i_1 i_2 \frac{R_1 h}{\sqrt{h^2+c^2}} 10^{-7} \quad [N].$$

Se observă că în acest caz fiecare spiră este solicitată radial de componenta F_x care se adaugă la forţa radială F_R.

Componentele se pot calcula cu relaţiile :

$$F_x = 4\pi\, i_1 i_2 \frac{R_1 C}{h^2+C^2} 10^{-7} \quad [N] \text{ şi } F_y \approx 4\pi\, i_1 i_2 \frac{R_1 h}{h^2+C^2} 10^{-7} \quad [N].$$

2.8. Forţe electrodinamice în regim nestaţionar

C i r c u i t e m o n o f a z a t e . In curent alternativ monofazat, în regim stabil, valoarea instantanee a curentului este (fig.2-13):

$$i = I_m \sin \omega t ,$$

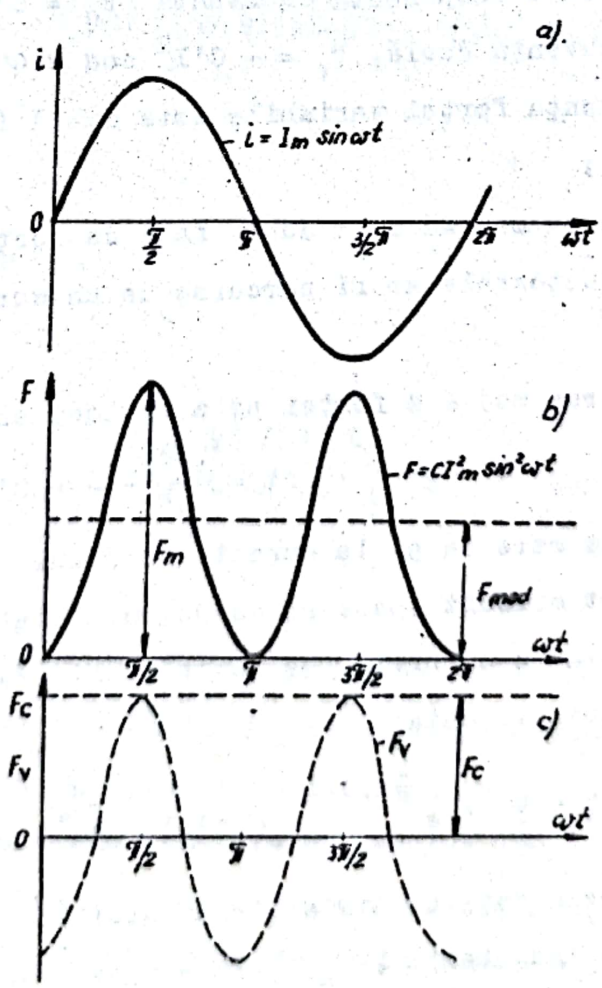


Fig.2-13

unde I_m este amplitudinea curentului ; ω - pulsaţia .Forţa electrodinamică între două conductoare va fi :

$$F=C'i^2=C'I_m^2 \sin^2 \omega t = C'I_m^2 \frac{1-\cos 2\omega t}{2} = \frac{F_m}{2} - \frac{F_m}{2}\cos 2\omega t =$$

$$= F_c + F_v ,$$

unde C' - o constantă egală cu produsul dintre factorul de contur C şi $\mu_o / 4\pi$; F_m - valoarea maximă a forţei.

Din expresiile forţei se deduc concluziile în cazul sistemului monofazat , în regim permanent:

- forţa electrodinamică este variabilă în timp fără să se schimbe sensul ;

- forţa are o componentă constantă $F_c = C'I_m^2/2$ şi una variabilă de frecvenţă dublă, $F_v = - C'I_m^2 \cos 2\omega t/2$;

- frecvenţa forţei variabile este dublă faţă de frecvenţa curenţului ;

- valoarea maximă este dublă faţă de forţa care s-ar obţine dacă conductoarele ar fi parcurse de un curent continuu echivalent;

- valoarea medie a forţei pe o periodă este :

$$F_{med} = \frac{1}{T}\int_0^T F\,dt = \frac{C'I_m^2}{2} = C'I^2 ,$$

adică la fel de mare ca şi la curent continuu.

La scurt-circuit apare şi componenta continuă a curentului. In majoritatea cazurilor se poate considera legea de variaţie a curentului expresia :

$$i = I_m \left(e^{-\frac{R}{L}t} - \cos \omega t \right) = I_m \left(e^{-\frac{t}{T_a}} - \cos \omega t \right),$$

unde R este rezistenţa activă a circuitului în timpul scurtcircuitului , L - inductanţa , $T_a = L/R$ - constanta de timp a componentei aperiodice.

După timpul $t = \pi/\omega$ în circuit se obţine curentul

de şoc (fig.2-14) :

$$i_ş = I_m(1 + e^{-\frac{R}{L}\frac{\pi}{\omega}}) = K_ş \cdot I_m \; ; \; K_ş = 1 + \ell^{-\frac{\pi}{\omega T_a}} .$$

Coeficientul de şoc, $K_ş$, depinde de puterea instalaţiei, de poziţia aparatului în reţea şi de forma acesteia , obişnuit se ia $K_ş = 1,8$. Forţa electrodinamică va fi :

$$F = C' I_m^2 \left(e^{-\frac{t}{T_a}} - \cos\omega t \right)^2 .$$

Cea mai mare valoare a forţei apare după o semiperioadă de la începutul scurtcircuitului:

$$F_m = C K_ş^2 I_m^2 = C(1,8)^2 I_m^2 = 3,24 C I_m^2 = 6,48 C I^2 .$$

Componenta aperiodică măreşte de 3,24 ori amplitudinea forţei . Faţă de curentul continuu echivalent forţa ar fi de 6,5 ori mai mare .

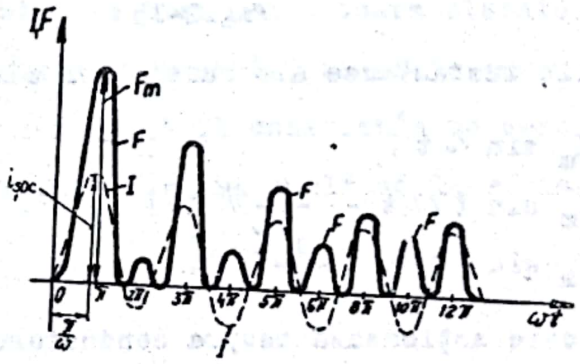


Fig.2-14

Se observă că în curent alternativ monofazat forţele electrodinamice sînt mai periculoase decît în curent continuu deoarece au valori maxime mult mai mari, sînt variabile în timp, iar componenta variabilă provoacă vibraţii ale sistemului asupra căruia acţionează şi care în caz de rezonanţă se poate solda cu avarii. Din figura 2-14 se vede că amplitudinile impare ale forţei electrodinamice scad exponenţial, iar cele pare cresc exponenţial pînă la valoarea de regim permanent.

C i r c u i t e t r i f a z a t e . Să considerăm un sistem trifazat coplanar cu conductoarele paralele (fig.2-15).

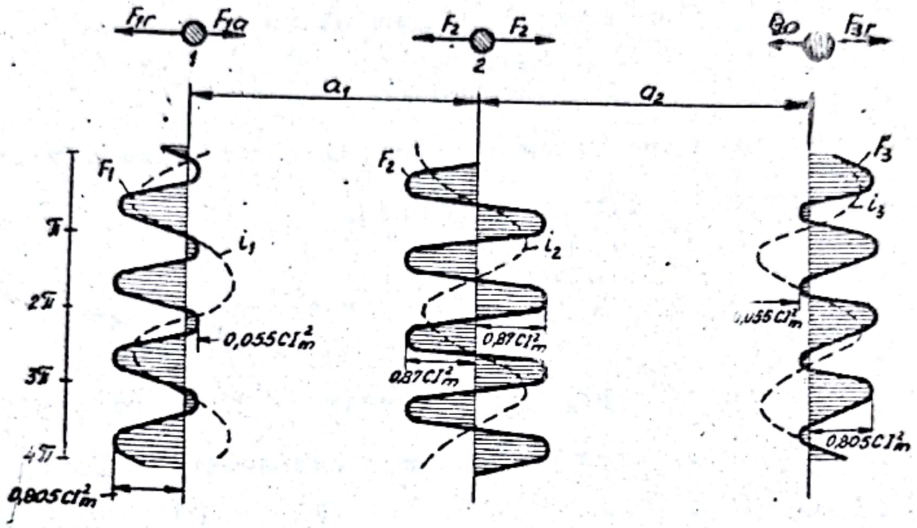


Fig.2-15

Valorile instantanee ale curenţilor sînt:

$$i_1 = I_m \sin \omega t ,$$

$$i_2 = I_m \sin (\omega t - \frac{2}{3} \pi),$$

$$i_3 = I_m \sin (\omega t - \frac{4}{3} \pi).$$

Forţa care acţionează asupra conductorului fazei 1 este :

$$F_1 = F_{12} + F_{13} = C_{12} i_1 i_2 + C_{13} i_1 i_3 ,$$

unde F_{12} - f.e.d între conductoarele fazelor 1 şi 2 ;

F_{13} - f.e.d între conductoarele fazelor 1 şi 3 .

Pentru distanţe egale între conductoare ($a_1 = a_2 = a$) prin înlocuirea curenţilor cu expresiile lor şi unele simplificări se obţine :

$$F_1 = -F_3 = 0,25 \left[(C_{13} - C_{12}) \sqrt{3} \sin 2\omega t - (C_{13} + C_{12})(1 - \cos 2\omega t) \right] 2I^2 .$$

Această relaţie arată că forţele electrodinamice care solicită conductoarele marginale sînt variabile ca mărime, dar şi ca sens. Din graficul prezentat se vede că solicitările sînt şi nesimetrice (fig.2-15).

Dacă s-ar repeta calculele pentru faza din mijloc se constată , aşa cum se vede şi din figură , că solicitările sînt ceva mai mari, dar sînt simetrice.

La scurtcircuit componenta continuă va mări la fel de 3,24 ori valoarea forţelor maxime , dar întrucît acestea sînt ceva mai mici decît în cazul unui circuit monofazat parcurs de acelaşi curent, rezultă că şi aceste forţe vor fi comparativ mai mici.

In concluzie la acest sistem trifazat, conductoarele marginale sînt solicitate mai periculos din cauza nesimetriei (deşi $F_1 = -F_3 < F_2$), iar conductorul mijlociu poate fi avariat mai uşor în cazul rezonanţei.

Pentru un sistem de trei conductoare plasate în vîrfurile unui triunghi echilateral (fig.2-16) se poate demonstra că locul geometric al vectorului forţă îl constituie un cerc în cazul regimului permanent (fig.2-16,a) şi o elipsă în regimul tranzitoriu

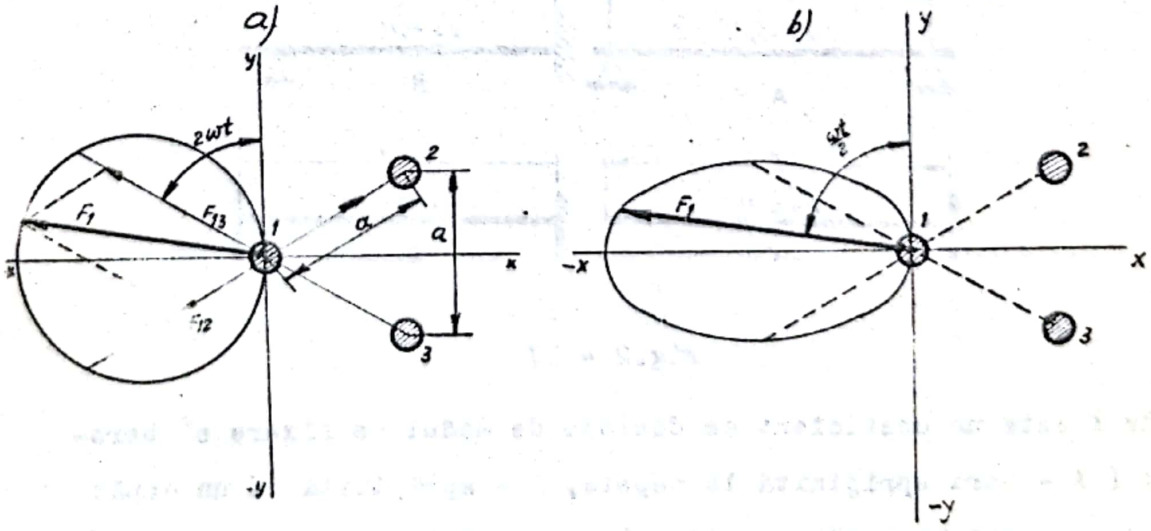


Fig.2-16

de scurtcircuit . Fazele sînt solicitate la fel, dar forţele sînt variabile ca valoare , direcţie şi sens .

Valorile maxime sînt ceva mai mici comparativ cu sistemul coplanar (la aceeaşi valoare a coeficientului de contur).

2.9. Rezonanţa mecanică

Forţele electrodinamice variabile în timp produc vibraţii cînd acţionează asupra unor bare elastice . Dacă frecvenţa acestor vibraţii coincide cu frecvenţa proprie de oscilaţie a barelor sau este aproape are loc rezonanţa mecanică totală sau parţială care poate avaria sistemul.

Evitarea rezonanţei mecanice se obţine dacă frecvenţa proprie a barelor este inferioară cu cel puţin 10% faţă de frecvenţa forţei electrodinamice (100 Hz pentru curentul alternativ de 50 Hz).

Determinarea frecvenţei proprii a barelor se face cu formule empirice . Pentru bare dreptunghiulare sau rotunde se poate folosi formula :

$$f = \frac{K}{l^2}\sqrt{\frac{E\,J}{\gamma\,S}}\ ,$$

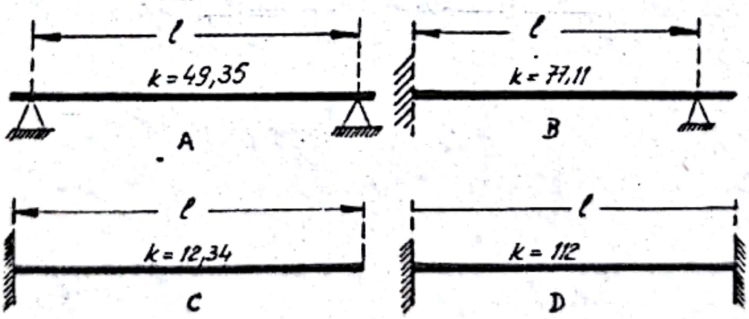


Fig.2 - 17

unde K este un coeficient ce depinde de modul de fixare al barelor (A - bară sprijinită la capete, B - sprijinită la un capăt şi încastrată la celălalt , C - încastrată la un capăt; D - încas-

trată la ambele capete) indicat în fig.2-17; E - modul de elasticitate , în $[kg/cm^2]$ (cupru - 1.250.000 , aluminiu-720.000, oţel-2.100.000); J - moment de inerţie , în $[cm^4]$ $\left(\frac{d^4}{20}(cm)\right)$ la bare rotunde şi $\frac{h\,(cm)b^3(cm)}{12}$ la bare dreptunghiulare); ℓ - lungimea barei ; γ - densitatea $[kg/cm^3]$; S - secţiunea barei , în $[cm^2]$.

In caz că frecvenţa rezultată din calcule indică posibilitatea rezonanţei , acest lucru se poate evita cel mai comod prin schimbarea distanţelor de susţinere ale barelor.

Scanned with OKEN Scanner

3. CONTACTE ELECTRICE

3.1. Generalităţi

Contact electric se numeşte atingerea dintre două piese conductoare destinate a permite trecerea curentului de la un conductor la altul. In înţeles mai larg, se pot numi contacte chiar piesele de contact (STAS 5081-55) .

Elementele sau piesele de contact sînt piesele prin care se realizează contactul. Contactele servesc la închiderea şi deschiderea circuitelor electrice.

Forţa de apărare este forţa cu care contactele sînt reciproc apăsate în poziţia închis.

Suprafaţa de atingere prin care se realizează contactul se numeşte suprafaţă de contact.

3.2. Fenomene fizice şi chimice la contacte

Rezistenţa de contact. Contactul introduce o rezistenţă electrică suplimentară numită rezistenţă de contact şi care poate fi pusă în evidenţă experimental (fig.3-1).

Rezistenţa de contact este rezistenţa electrică suplimentară între două secţiuni ale unui conductor care conţine contactul , faţă de rezistenţa care ar exista între aceleaşi secţiuni dacă contactele s-ar suda.

Fie două bare metalice 1 şi 2 de aceeaşi secţiune şi acelaşi metal (fig.3-1) apăsate reciproc de forţele egale F . Dacă se măsoară rezistenţa electrică a segmentului , care cuprinde

contactul se constată că valoarea obţinută este superioară valorii măsurate cu aceleaşi mijloace pe un segment de aceeaşi lungime fără contact sau valorii calculate cu relaţia $R = \rho \frac{\ell}{S}$.

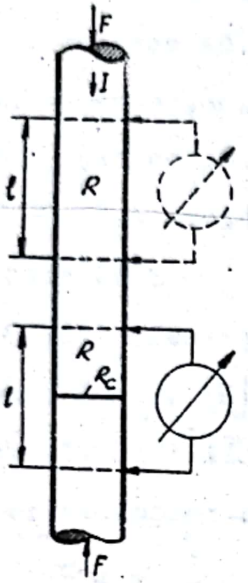


Fig.3-1

Rezistenţa de contact are două componente :

$$R_C = R + R_c \quad ,$$

unde $R = k \rho \frac{\ell}{s}$ este rezistenţa electrică a pieselor de contact ; R_c - rezistenţa propriu-zisă a contactului.

Rezistenţa de contact este influenţată de următorii factori:

- forţa de apăsare ;
- forma suprafeţelor de contact în atingere;
- natura şi starea suprafeţei de contact;
- încălzirea contactului .

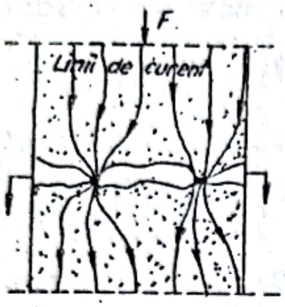
Rezistenţa de contact R_c are, de asemenea, două componente

$$R_c = R_s + R_p \quad ,$$

unde R_s este rezistenţa de strictiune sau rezistenţa de trecere ; R_p - rezistenţa peliculară .

R e z i s t e n ţ a d e s t r i c ţ i u n e este componenta care există permanent chiar la suprafeţe de contacte foarte curate. Ea se datorează naturii rugoase (cu proeminenţe) a suprafeţei de contact (fig.3-2). Astfel trecerea strangulată a liniilor de curent cauzează o sporire a rezistenţei de contact care are ca efecte : mărirea locală a densităţii de cu-

rent ($\leq 10^5$ [A: mm^{-2}]) , la creşterea pierderilor şi căderii de tensiune. Rezistenţa R_s nu depinde practic de mărimea suprafeţei de contact . Factorul care influenţează esenţial rezistenţa de contact este forţa de apăsare F.



Curbele $R_s = f(F)$ sînt aproximativ hiperbole (fig.3-3) pînă la F=2oo[N] , după care au o variaţie liniară .Ca formulă de calcul se recomandă relaţia :

$$R_s = K.F^{-m},$$

unde m este un coeficient care depinde de forma contactelor şi numărul punctelor de contact (contacte plane- 1, tulpină -o,75 , alte contacte - o,5); K- coeficientul care depinde de materialul contactului, starea şi prelucrarea suprafeţei de contact etc, obţinut din tabele; ex. C_u-C_u: (o,o8-o,14)10^{-2}[Ω.N]; Al - Al: o,o6o 10^{-2}[Ω.N] etc. Curba 1 corespunde creşterii forţei, iar curba 2 descreştemii .Valorile mai mici ale lui R_s la descreşterea lui F se explică prin deformaţiile permanente care se produc la creşterea forţei.

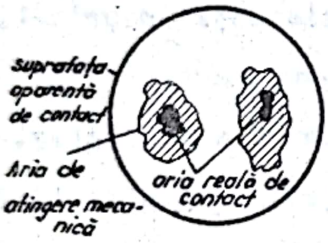


Fig. 3 - 2

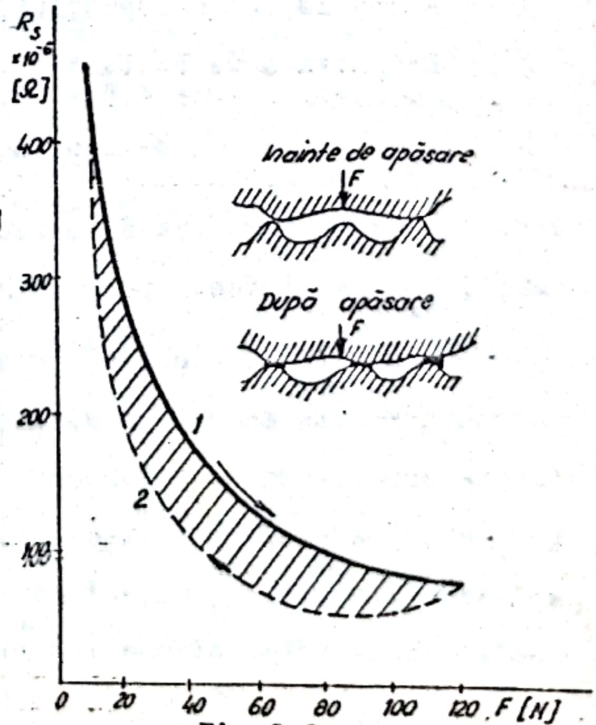


Fig.3-3

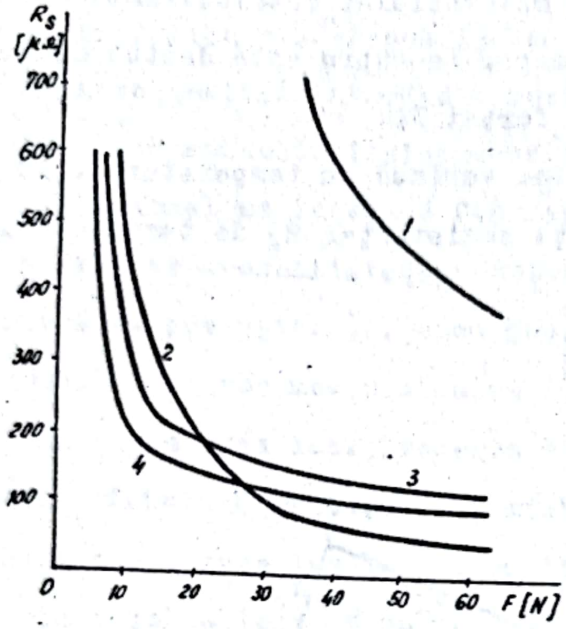


Fig.3-4

Curbele din fig.3÷4 şi 3-5 arată dependenţa rezistenţei R_s de diverşi factori. Alura curbelor arată dependenţa strînsă a lui R_s de F. Curbele 1 şi 2 , trasate pentru contacte plane de aceeaşi mărime, arată dependenţa lui R_s de starea suprafeţei de contact : curba 1 corespunde la contact polizat şi oxidat , iar curba 2 este pentru contact normal. Curbele 3 şi 4 pun în

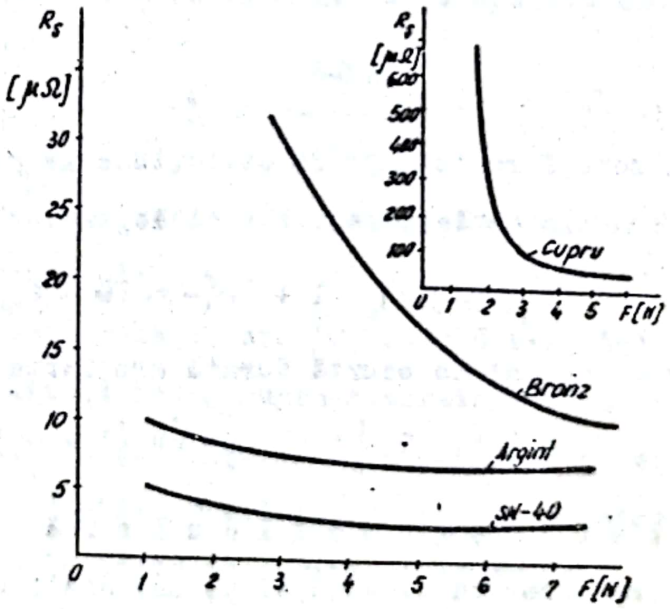


Fig.3-5

evidenţă influenţa formei contactelor asupra lui R_s : 3 corespunde la contact liniar, iar 4 la contact punctiform. Curbele $R_s=f(F)$ din fig.3-5 ilustrează influenţa materialelor contactului asupra

lui R_s. Se observă că la contacte de argint rezistenţa de trecere este dublă faţă de cea a materialului metaloceramic SM-40, iar pentru bronz cu mult mai mare. La cupru este destul de mare, dar scade repede cu creşterea forţei F.

Rezistenţa de stricţiune variază cu temperatura . In fig.3-6 este arătată dependenţa rezistenţei R_s de temperatură la contacte de cupru.

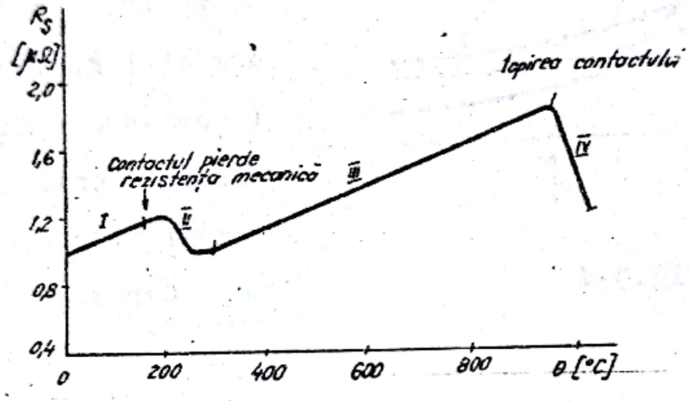


Fig.3-6

Pentru zona I rezistenţa de stricţiune la procese staţionare variază funcţie de temperatură după legea :

$$R_s(\theta) = R_0\left[1 + \frac{2}{3}\alpha(\theta - \theta_0)\right],$$

iar la impuls de curent de scurtă durată are forma :

$$R_s(\theta) = R_0\left[1 + \frac{1}{5}\ln\left[1 + \alpha(\theta - \theta_0)\right]\right].$$

R e z i s t e n ţ a p e l i c u l a r ă (R_p). Această rezistenţă apare datorită existenţei pe suprafaţa contactelor a peliculelor semiconductoare care strică contactul metalic pur. In aer suprafeţele de contact metalice absorb gaze, care datorită oxigenului duc la formarea unor pelicule de oxizi ce pot mări considerabil rezistenţa de contact . De ex: un contact Cu - Cu

la 70°C timp de 36 zile şi-a crescut rezistenţa de contact de 15.000 ori . Peliculele subţiri nu influenţează trecerea curentului, dar peliculele groase (>100 Å) pot da neplăceri. Păturile de gaze subţiri introduc o rezistenţă neglijabilă faţă de R_s , deoarece conductivitatea este asigurată de efectul tunel. Prin efect tunel se înţelege fenomenul de trecere a electronilor cu grad de probabilitate cunoscut printr-un strat subţire (barieră de potenţial) , dacă propria lor lungime de undă este comparabilă cu grosimea peliculei . La pelicule groase efectul tunel nu poate avea loc. Trecerea curentului se produce prin fenomenul "fritting", adică prin străpungerea electrică a peliculei care poate avea loc la o anumită intensitate a cîmpului electric : $10^6 - 10^7$ $\left[V\ cm^{-1}\right]$.

I n c ă l z i r e a c o n t a c t e l o r l a r e g i m s t a ţ i o n a r . In punctele microscopice de contact are loc o creştere însemnată a încălzirii contactului.

Pentru supratemperatura maximă de contact se utilizează formula:

$$\vartheta_m = \frac{U_s^2}{8 \lambda \rho} ,$$

unde $U_s = R_s I$ este căderea de tensiune în contact datorită strictiunii curentului; λ - conductivitatea termică ; ρ - rezistivitatea . Această relaţie are importanţă practică , deoarece stabileşte o legătură între supratemperatură şi căderea de tensiune pe contact , care poate fi uşor măsurată şi deci prin ea putem obţine informaţii cu privire la starea tehnică a contactelor . De exemplu,la contacte curate de cupru,la $U_s = 90$ $\left[mV\right]$, avem $\vartheta_m \approx 206°C$.

Temperaturile maxime admisibile în regim staţionar sînt de obicei standardizate (contacte fixe : 80°C ; contacte mobile: 75°C pentru $\Theta_a = +35°C$).

O serie de fenomene fizice şi chimice la contacte sînt legate de regimul de lucru al contactelor.

Închiderea contactelor. La închiderea contactelor pot avea loc următoarele procese: vibraţia şi eroziunea contactelor.

Vibraţia contactelor apare ca urmare a ciocnirii elastice a contactului mobil de cel fix. In afara uzurii mecanice are loc şi o uzură electrică. Deschiderile repetate ale contactului sînt însoţite de arcul electric care produce fenomenul de eroziune electrică, adică transport de metal topit de la un contact la altul, foarte pronunţat la curent continuu . Reducerea vibraţiilor se obţine prin folosirea resoartelor precomprimate la contacte , prin modificarea momentului de inerţie a părţii mobile, a durităţii resortului etc. La cuplarea pe scurtcircuite vibraţiile pot fi mult mărite datorită forţelor electrodinamice care apar la contacte . Printr-o construcţie adecvată a contactului se poate obţine compensarea acestor forţe (fig.3-7).

Forţele electrodinamice F_1 apar datorită micşorării secţiunii la contacte (fig.3-7,a) şi pot provoca deschiderea contactelor dacă ele au forma din figura 3 -7, c sau d. Compensarea acestor forţe se poate face ca în fig.3 -7,b, e sau f.

Eroziunea electrică capătă importanţă mare la aparate de înaltă tensiune unde spaţiul dintre contacte se străpunge destul de repede la apropierea contactelor. Micşorarea eroziunii se obţine prin închiderea cît mai rapidă a contactelor şi prin folosirea de metale şi aliaje rezistente la arc.

Contacte închise. In poziţia închis deosebim două regimuri : permanent şi scurtcircuit. La trecerea curentului nominal este necesar pentru funcţionarea sigură a contac-

telor ca temperatura şi căderea de tensiune pe contact să nu depăşească valorile admisibile. La scurtcircuit trebuie ca

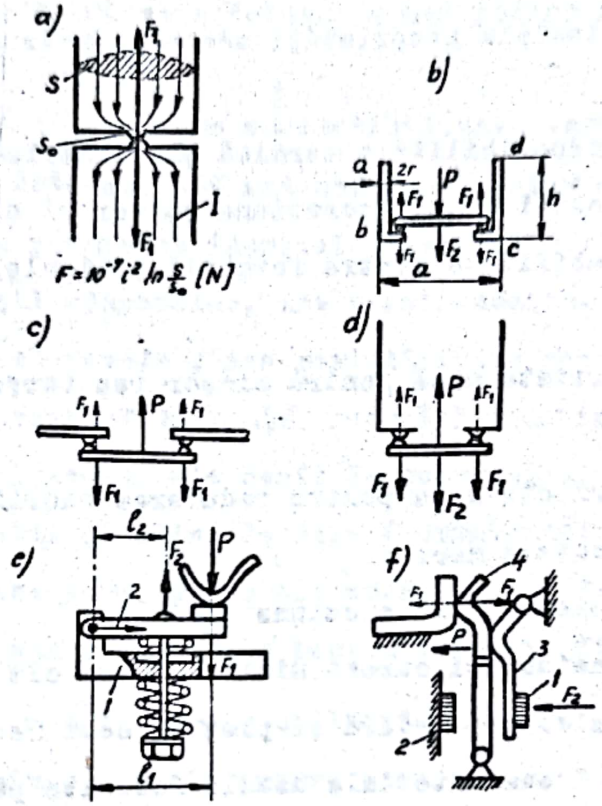


Fig.3 - 7

temperatura să nu întreacă valorile maxime admisibile şi ca forţele electrodinamice să nu autodeschidă contactele. Bolţurile îmbinărilor fixe ale barelor trebuie prevăzute cu şaibe elastice pentru a nu se slăbi barele din cauza dilatărilor datorită temperaturii.

D e s c h i d e r e a c o n t a c t e l o r . La deschidere se produce arcul electric care datorită temperaturii ridicate intensifică oxidarea şi eroziunea contactelor. Eroziunea este destul de puternică şi poate scoate contactele din funcţiune. Pentru a îmbunătăţi situaţia se scurtează cît mai mult durata arderii arcului prin folosirea dispozitivelor de stingere şi prin

mărirea vitezei de deschidere . In poziţia deschis contactele sînt supuse şi acţiunii coroziunii chimice.

3.3. Materiale pentru contacte

Principalele proprietăţi necesare materialelor pentru contacte sînt:

1. Conductibilitate termică şi electrică mare ;
2. Stabilitate la coroziune în aer şi alte gaze;
3. Stabilitate contra formării peliculelor cu rezistivitate mare ;
4. Duritate mică pentru micşorarea forţei de apăsare pe contact;
5. Duritate mare pentru reducerea uzurii mecanice la frecvenţe de conectare mari ;
6. Rezistenţă la eroziune mare ;
7. Tensiune şi curent minime de arc cît mai mari ;
8. Prelucrare uşoară şi preţ de cost redus.

Iată cîteva materiale uzuale folosite pentru contacte.

C u p r u l . Proprietăţi utile: conductibilitate termică şi electrică mare, duritate suficientă pentru a fi folosit la frecvenţe ridicate de conectare, tensiune şi curent minime de arc destul de mari, tehnologie simplă şi ieftin. Neajunsuri : temperatură mică de fuziune , oxidare rapidă cu oxizii de mare rezistivitate care necesită forţe de apăsare mari pe contact sau argintarea suprafeţelor. Se întrebuinţează pentru contacte la aparate de înaltă tensiune , dar nu pentru ruperea arcului de putere ; la aparate automate de conectare,

A r g i n t u l . Proprietăţi folositoare : conductibilitate electrică şi termică mare, pelicula de oxizi cu rezistivitate mică şi permite uşor trecerea curentului , necesită forţe de apăsare reduse . Inconvenientele sînt: stabilitate la acţiunea

arcului şi duritate mici, deci neutilizabil la întreruperea arcului intens la frecvenţe mari de deconectare. Se foloseşte la relee şi contactoare pînă la curenţi de 20A şi mai mult. La curenţi mari pînă la 10 kA este folosit numai pentru contactele de lucru.

A l u m i n i u l . Are conductibilitate termică şi electrică suficiente. Este cu 48% mai uşor comparativ cu cuprul, fiind avantajos la reducerea inerţiei pieselor în mişcare sau la micşorarea greutăţii aparatelor. Are marele neajuns că pelicula de oxizi se formează repede , are rezistivitate foarte mare şi este extrem de aderentă, rezistenţă redusă la acţiunea arcului (punct de fuziune mai mic decît la cupru şi argint), la coroziune . Aluminiul şi aliajele sale (duraluminiu, silumin) sînt folosite pentru bare, piese ale aparatelor . Se obişnuieşte placarea cu cupru sau alte metale pentru contacte fixe.

W o l f r a m u l . Are stabilitate mare faţă de arcul electric , la eroziune, la distrugere prin ardere şi deci bun pentru contacte de rupere cu frecvenţă mare de conectare . Are următoarele neajunsuri: rezistivitate mare , termoconductibilitate proastă , formează pelicule de oxizi şi sulfuri, Necesită forţe mari de apăsare datorită durităţii sale.

M a t e r i a l e m e t a l o c e r a m i c e . Nici un metal nu poate întruni toate proprietăţile necesare contactelor şi nici aliajele lor. De exemplu nu se poate obţine simultan termoconductibilitate mare şi stabilitate mare la acţiunea arcului. Acest lucru este obţinut cu materialele metaloceramice care reunesc, de exemplu, proprietăţile bune ale cuprului , argintului cu ale wolframului , molibdenului , evitînd neajunsurile lor. Compoziţii metalloceramice mai răspîndite sînt: Ag - W; Ag-M_o , Ag - Ni; Cu-W; Cu-Mo sau cu trei componente Cu-W-Ni, Ag-W-Ni, etc.

In unele cazuri se folosesc şi contacte metalo-lichide (metal solid - metal lichid).

3.4. Tipuri de contacte

C o n t a c t e f i x e (permanente). Sînt îmbinările care în timpul funcţionării rămîn întotdeauna închise, avînd rolul de a realiza continuitatea permanentă a circuitului.

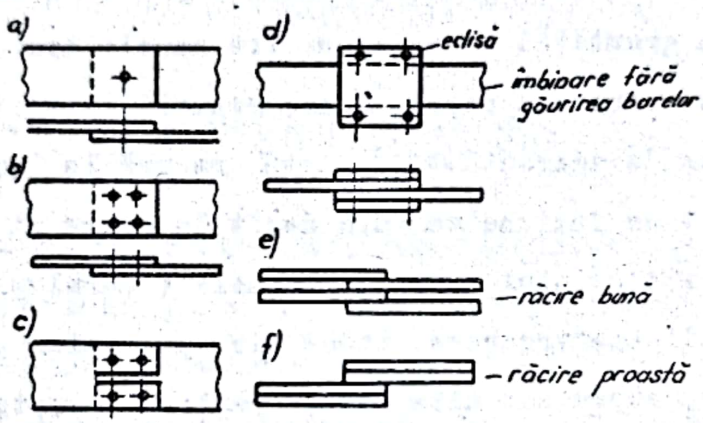


Fig.3-8

In fig.3-8 sînt arătate cîteva îmbinări de bare efectuate cu buloane . Buloanele trebuie prevăzute cu rondele resort, mai ales la aluminiu şi blocate cu inele de siguranţă , cuie spintecate, contrapiuliţă. Contra desfacerii datorită vibraţiilor se preferă mai multe bolţuri (fig.3-8 ,b) decît unul echivalent (fig.3-8,a) pentru a se reduce rezistenţa de contact.

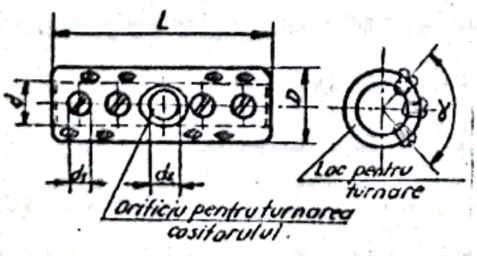


Fig.3-9

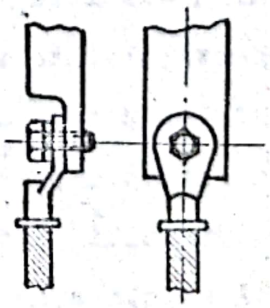


Fig.3-10

In figura 3-9 este prezentată un gen de clemă de legătură pentru conductoare de cupru cu secţiune variabilă la tensiuni sub 1 kV.

Legăturile conductoarelor rotunde cu bare plane se poate face cu papuci de cablu aşa cum se vede în figura 3-1o .

Există o varietate foarte mare de tipuri de legături fixe. In toate situaţiile trebuie avut grijă ca îmbinarea să se execute cu suprafeţele de contact bine curăţate, eventual acoperite cu mijloace specifice de protecţie contra coroziunii.

C o n t a c t e d e î n t r e r u p e r e . Contactele de întrerupere sînt legăturile destinate conectării şi deconectării circuitelor electrice.

In fig.3 - 11 sînt date cîteva exemple de contacte pentru curenţi de mică intensitate folosite la : relee de protecţie ,contacte de blocare şi semnalizare etc. Contactele se pot face din

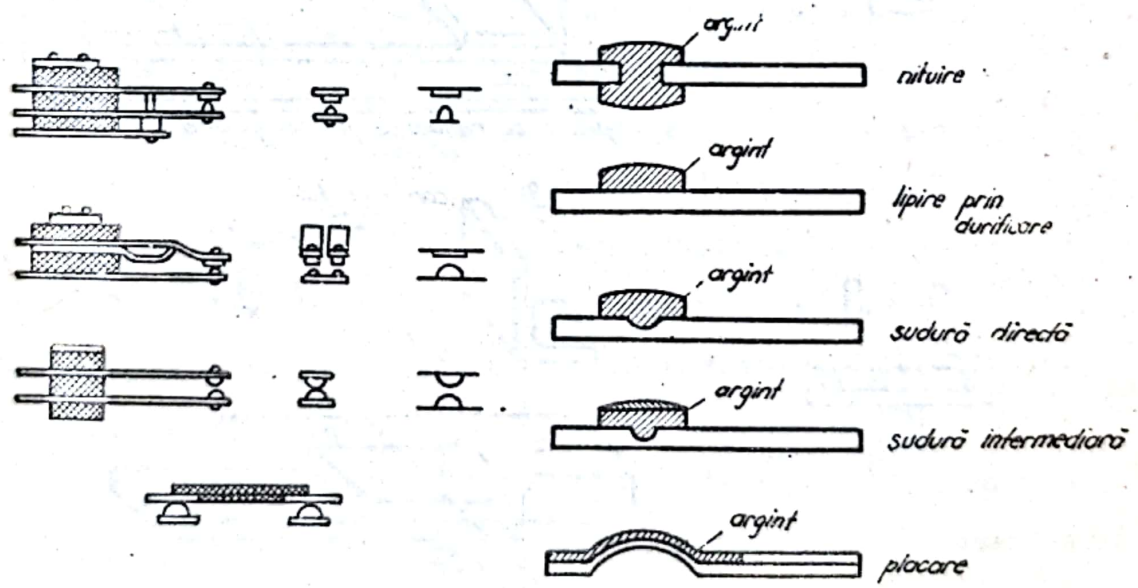


Fig.3-11

argint, aur, platină, wolfram , preferabil cu forme geometrice simple (semisferă - plan , semisferă-semisferă etc), deoarece

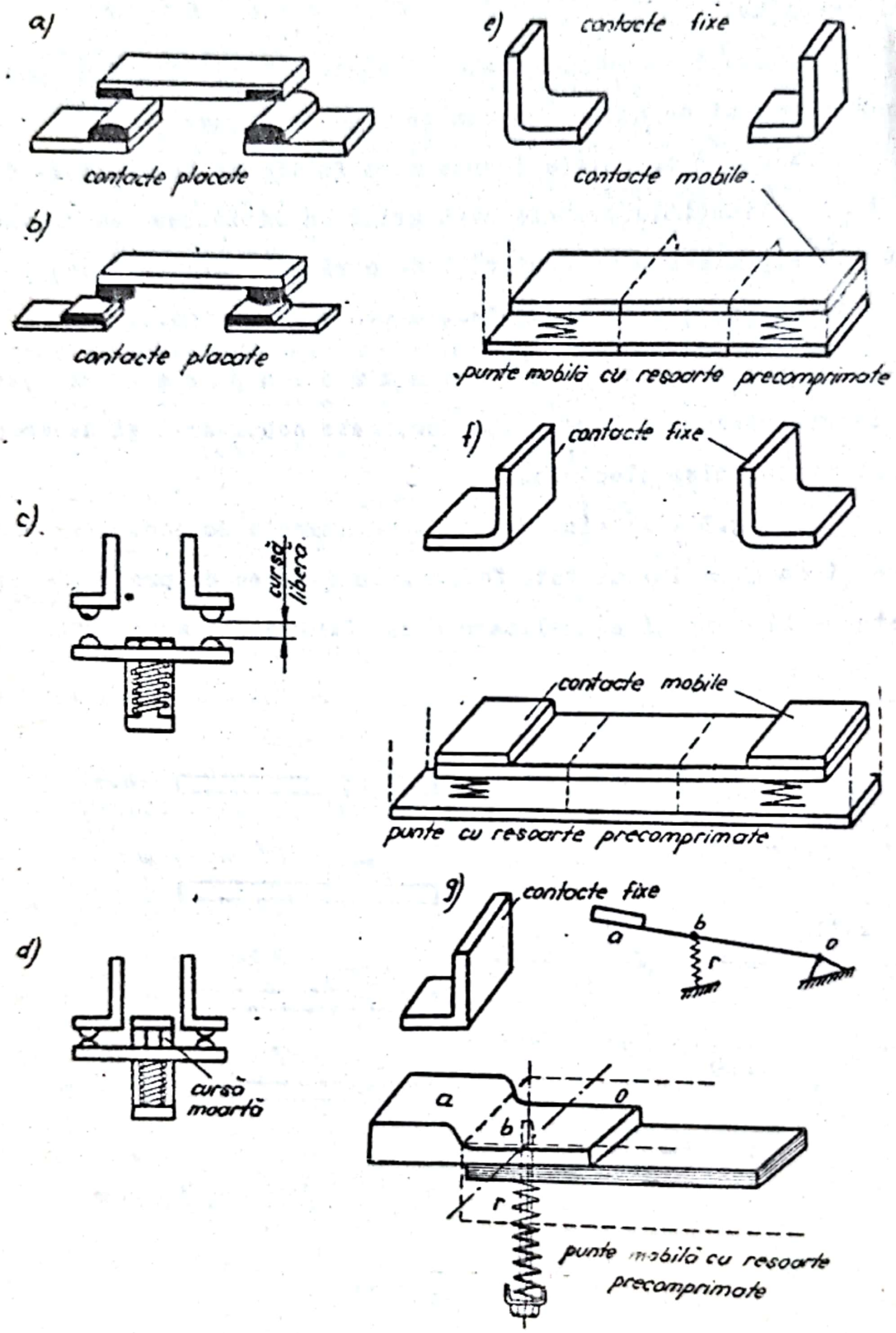

a)
contacte placate
b)
contacte placate
c)
cursă liberă
d)
cursă moartă
e)
contacte fixe
contacte mobile
punte mobilă cu resoarte precomprimate
f)
contacte fixe
contacte mobile
punte cu resoarte precomprimate
g)
contacte fixe
a
b
r
o
punte mobilă cu resoarte precomprimate

Fig.3-12

necesită forţe de apăsare mici. Pentru a economisi metalele nobile acestea se pot aplica numai în zona contactului prin diferite procedee (fig.3-11) .

Contactele tip punte sînt mult folosite : contactoare, întrerupătoare automate etc. In fig.3-12 sînt arătate cîteva exemple la care se distinge uşor şi sistemul de resoarte precomprimate.

Contactele tip cuţit sînt utilizate mult la întreruptoare cu pîrghie, separatoare şi la siguranţe. Contactele cuţit se fac în două variante : contacte plane şi contacte liniforme. Contactul plan de tip cuţit, cu partea fixă elastică , este reprezentat în diferite variante în figura 3-13. Forţa de apăsare este creată datorită elasticităţii elementelor părţilor fixe 2, în momentul cînd cuţitul 1 pătrunde între ele. De aceea contactele fixe sînt formate dintr-un material conductor elastic (cupru tras, bronz special) avînd o formă care le face să arcuiască.Cînd forţa de apăsare nu este suficientă se folosesc resoarte suplimentare 3, din oţel , uneori şi cu şurub de reglaj 4.

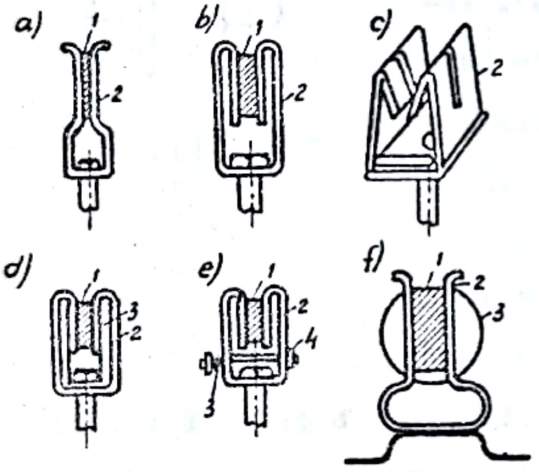


Fig.3-13

O comportare mai bună o au contactele tip cuţit liniforme. Exemplul cel mai tipic de contact liniform este reprezentat în fig.3-14.

Contactul este format din bara de cupru argintată 1, cuprinsă între benzile cuţitului 2 . Apăsarea o face resortul 3 strîns de bulonul 4.

Contactele frontale(cap la cap) se folosesc la întrerupă-

toare de înaltă tensiune (In < 2000 A). Se fac din bare metalice masive (fig.3-15) sau tubulare (fig.3-15, b) . Apăsarea pe contactele fixe se va obține cu resortul 5 care apasă traversa cu contactele 4.

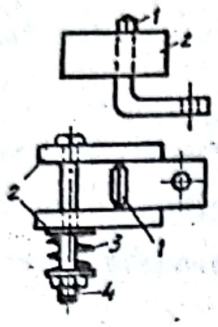


Fig.3-14

Contactele tulipă (lalea - rozetă) sînt mult folosite la aparatele de conectare moderne. In fig.3-16 este prezentat un contact tulipă, care este format din 6 segmente trapezoidale legate flexibil (5) la la partea fixă 4, formînd un cilindru gol pentru a permite pătrunderea contactului mobil 3 (bară sau țeavă). Segmentele tulipei pot fi de diferite forme : lamelafe (fig.3-16,b), în z (fig. 3-16,c) trapezoidale (fig.3-16,d,e,f) . Contactele deget sînt mult folosite . In fig.3-17,a este prezentat un contact deget pentru aparate automate de conectare de joasa tensiune . In fig.3-17, b și c sînt date contacte pentru întreruptoare de înaltă tensiune . Contactul mobil 1

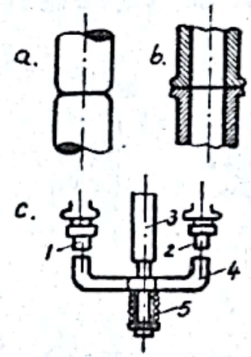


Fig.3-15

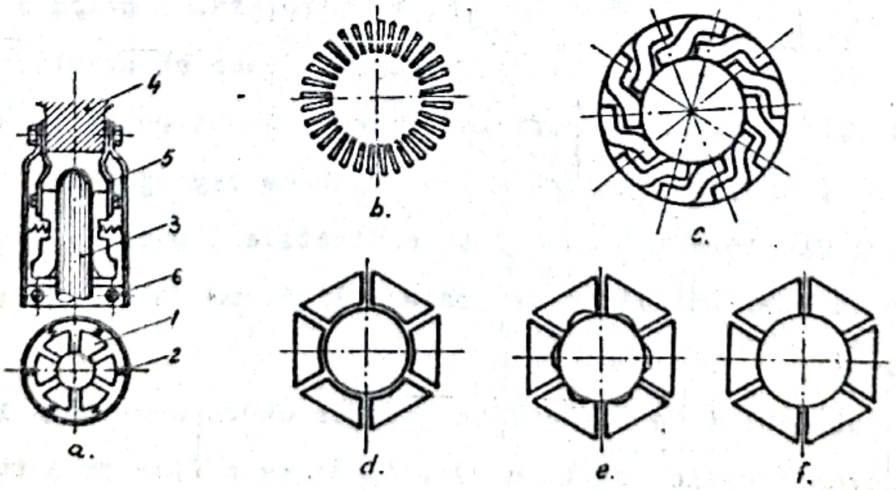


Fig.3-16

(cupru sau alamă) poate pătrunde între degetele 2 (alamă)

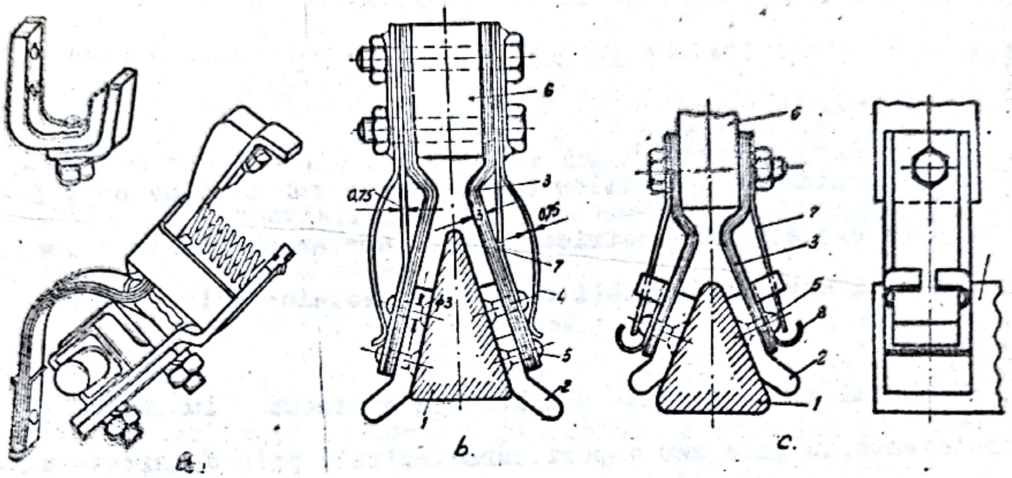


Fig.3-17

prinse cu legăturile flexibile 3 de suportul 6. Contactele deget permit autocurăţirea de oxizi.

Mai există şi alte tipuri de contacte: tip perie, tip lingură , cu nervură etc., dar mai puţin folosite.

Contactele glisante sînt folosite pentru a transmite curentul de la partea fixă la o parte mobilă , obişnuit, fără întreruperea contactului . Contactele glisante se pot realiza de tip: perie, deget, frontale, tulipă, cu role elastice , de tip metalo-lichid, etc.

In exploatare trebuie acordată o atenţie deosebită întreţinerii şi controlului contactelor aparatelor electrice. Multe avarii apar ca urmare a funcţionării defectuoase a contactelor.

4. ARCUL ELECTRIC

4.1. Generalităţi

Deschiderea aparatelor de conectare sub sarcină este însoţită de descărcări electrice, dintre care arcul electric produce cele mai mari dificultăţi datorită efectelor sale electrice şi termice.

Arcul electric este descărcarea autonomă, luminoasă şi persistentă, în gaze sau vapori, caracterizată prin densitate mare de curent ($10 - 10^5$ A/cm^2), prin cădere de tensiune catodică mică (5 - 20 V), temperatură înaltă, (6-8000°K), presiune mărită a gazelor şi volatilizarea parţială a electrozilor.

Scînteia electrică, descărcările luminiscente au densitate mică de curent ($10^{-5} - 10^{-4}$ A/cm^2), cădere de tensiune catodică mare (200 - 300 V) şi nu volatilizează electrozii.

Semnele prin care putem deosebi arcul electric de celelalte descărcări sînt: 1) arcul are zona de ardere sub forma unei coloane gălbuie (coloana de arc), iar scînteia electrică pare ca o arborescenţă alb-violetă; 2) arcul lasă urme pe contacte, iar celelalte descărcări nu; 3) durata arderii arcului este mai lungă decît la scînteie; 4) catodul şi coloana de arc sînt foarte încălzite, pe cînd la scînteie catodul poate fi rece; 5) densităţi şi căderi de tensiune anodice diferite etc.

Problema fundamentală la aparatele de conectare este stingerea arcului electric care se realizează prin mijloace bazate pe proprietăţile arcului electric.

La întreruperea curenţilor mici arcul electric poate apărea datorită emisiei autoelectronice de la catod, care se produce ca urmare a cîmpului electric de mare intensitate, cînd distanţa

dintre contacte este încă foarte mică : $>3 - 10^{7}$ [$V.Cm^{-1}$].

La curenţi mai mari fenomenul este mai complex . In momentul separării contactelor suprafaţa de contact tinde la zero, scade numărul punctelor de contact şi în punctele rămase densitatea de curent creşte mult , fapt care duce la topirea parţială a contactelor, la vaporizare, la crearea unei punţi lichide care atrage formarea arcului electric.

Arcul electric este o plasmă formată de un flux de electroni şi ioni care se comportă ca un conductor mobil, uşor deplasabil sub acţiunea curenţilor fluidelor, a cîmpului electric şi magnetic.

Distribuţia densităţii de curent şi a temperaturii arcului sînt foarte neuniforme. Majoritatea curentului trece prin secţiunea care are la periferie temperatura de 4000°K ; graniţa existenţei arcului electric.

Procesul de formare şi menţinere a arcului electric se datorează fenomenelor de ionizare care au loc pe suprafaţa electrozilor şi în coloana de arc.

Arcul electric se poate aprinde şi există numai dacă există o anumită tensiune minimă de arc la un curent minim de arc.

Pata catodică (porţiunea de pe catod pe care se sprijină arcul) este foarte imobilă fapt care îngreuiază mult stingerea.

Simultan cu procesele de ionizare au loc şi procesele de distrugere a arcului: procesele deionizante . Deionizarea are loc datorită recombinării şi difuziei.

Arcul se formează cînd procesele ionizante sînt mai intense decît cele deionizante , se menţine la echilibru şi se stinge cînd domină deionizarea.

Recombinarea constă în neutralizarea particulelor prin reunirea ionilor cu particule de sens contrar , iar difuzia este împrăştierea particolelor cu sarcină în afara coloanei de arc.

Stingerea arcului este cu atît mai eficientă cu cît procesele deionizante se desfăşoară mai energic.

Caracteristicile de ardere sînt funcţiunile $U_a = f(I)$ şi $U_a = f(\ell)$, adică tensiunea la bornele arcului funcţie de curent sau de distanţa dintre electrozi, care caracterizează însuşirile arcului electric stabilit între contactele aparatelor de conectare. Caracteristica tensiune - curent (volt - amper) se numeşte caracteristică statică dacă $di/dt = 0$ ($i = ct$) şi dinamică dacă $di/dt \neq 0$.

4.2. Stingerea arcului electric de curent continuu

In figura 4-1 sînt reprezentate caracteristicile de ardere a arcului electric de curent continuu . Se constată că alura acestor caracteristici diferă faţă de conductoarele solide ($U_R = RI$).La conductoare metalice tensiune creşte proporţional

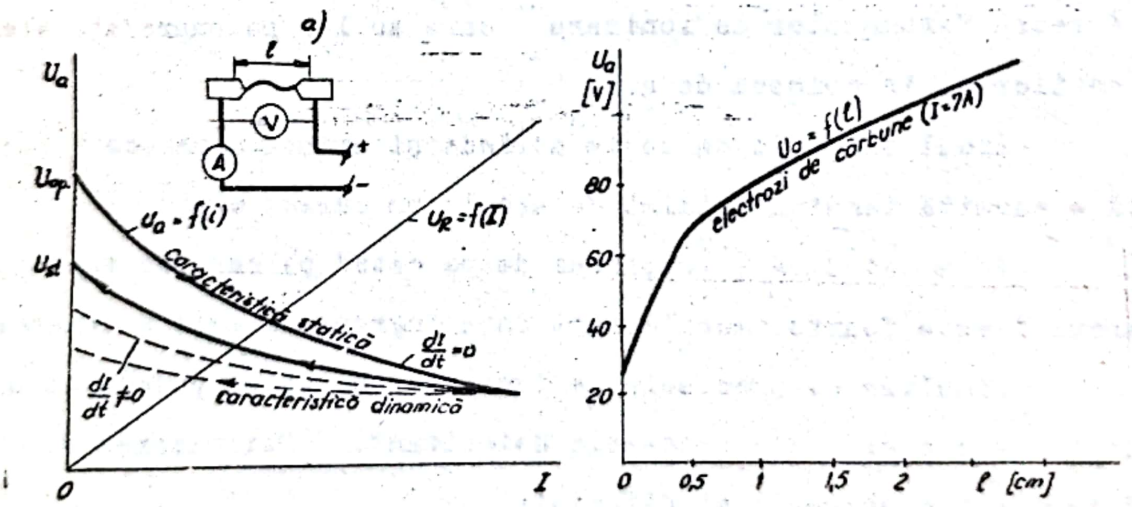


Fig.4 - 1

cu curentul, iar la arc se obţine o descreştere şi este necesară o anumită tensiune de aprindere U_{ap} . Creşterea tensiunii la bornele arcului cu mărirea distanţei dintre electrozi are loc la început neliniar şi apoi liniar, avînd iniţial o creştere

foarte rapidă. Arcul electric constituie pentru un circuit o rezistenţă neliniară.

Considerăm un circuit R L alimentat în curent continuu, în care arde un arc electric (fig.4-2). Circuitul are următoarea ecuaţie diferenţială:

$$U_e = RI + L\frac{dI}{dt} + U_a \quad \text{sau} \quad U_e - RI = U_a + L\frac{dI}{dt} \ .$$

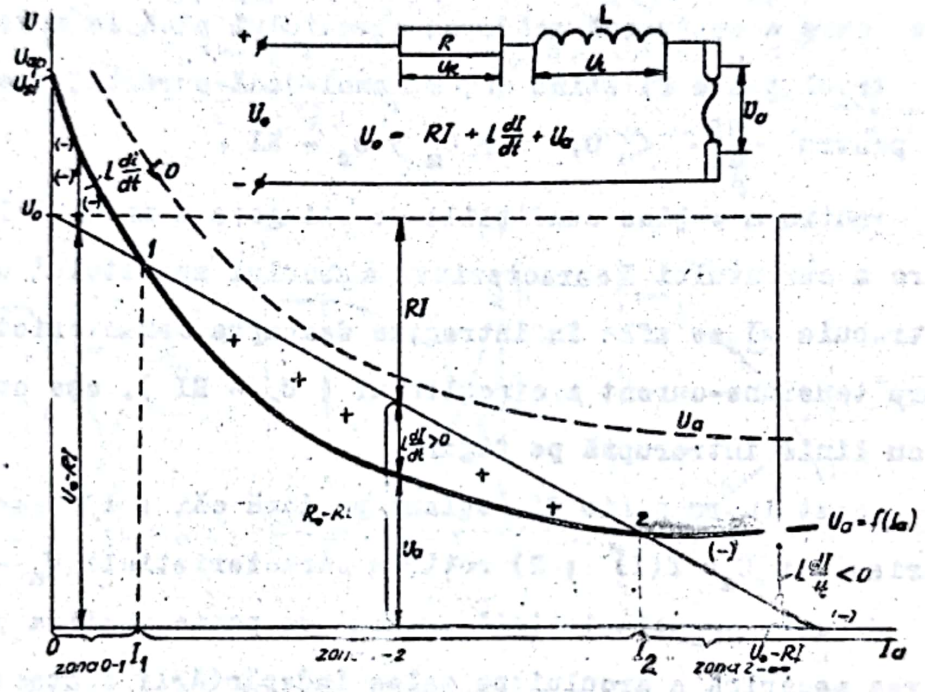


Fig.4 - 2

In care :

U_a - este căderea de tensiune pe arc funcţie de curent (caracteristică statică);

$L\frac{dI}{dt}$ - căderea de tensiune pe inductanţă ;

U_e - tensiunea de alimentare .

Deoarece $U_e - RI > 0$, rezultă că $L\frac{dI}{dt}$ este pozitiv în intervalul $I_1 < I < I_2$ şi negativ pentru $I < I_1$ sau $I > I_2$. Acest lucru apare evident din fig. 4-2, unde pentru a obţine $U_e - RI$ trebuie ca la U_a , fie să adăugăm $L\frac{dI}{dt}$ (zona 1-2) , fie să scădem (zonele o-1 şi 2-∞) .

Se vede că punctul 2 este punct de ardere stabilă a arcului, deoarece creşterea sau descreşterea curentului este însoţită de apariţia unei căderi de tensiune negative sau pozitive care readuce curentul I la valoarea I_2 . Punctul 1 este punct de ardere nestabilă pentru arc, deoarece creşterea curentului este însoţită de apariţia unei căderi de tensiune $L\frac{dI}{dt}$ pozitive care va mări în continuare curentul pînă la I_2, iar scăderea curentului este urmată de apariţia unei căderi de tensiune $L\frac{dI}{dt}$ negative care accentuează scăderea curentului pînă la zero.

Arcul poate fi stins sigur numai dacă curentul descreşte, adică pentru $\frac{dI}{dt} < 0$, iar $U_a > U_o - RI$.

Pentru a obţine condiţiile de stingere a arcului la orice valoare a curentului I,caracteristica arcului aparatului de conectare trebuie să se afle în întregime deasupra caracteristicii liniare tensiune-curent a circuitului ($U_o - RI$), aşa cum se vede cu linie întreruptă pe figură.

Acest lucru poate fi obţinut pe două căi : 1) urcarea caracteristicii $U_a = f(I)$; 2) rotirea caracteristicii $(U_o - RI)$.

Urcarea caracteristicii arcului se poate realiza prin alungirea mecanică a arcului pe calea îndepărtării contactelor, prin arderea arcului într-un mediu cu conductivitate termică mare, prin creşterea presiunii în zona coloanei de arc, prin suflaj magnetic , prin suflaj cu fluide (aer , ulei etc), prin răcirea arcului , folosind camere înguste sau cufundînd contactele în apă, ulei , etc.

Rotirea caracteristicii circuitului $(U_o - RI)$ se obţine prin folosirea rezistenţelor în serie sau în paralel cu arcul electric.

In aparate , după separarea contactelor, distanţa dintre ele creşte continuu pînă la poziţia finală . In fig.4-3,a s-au

reprezentat caracteristicile arcului pentru cîteva distanţe dintre contacte . Cu mărirea distanţei dintre contacte caracteristica urcă . In punctul A (curba tangentă la dreaptă) curentul

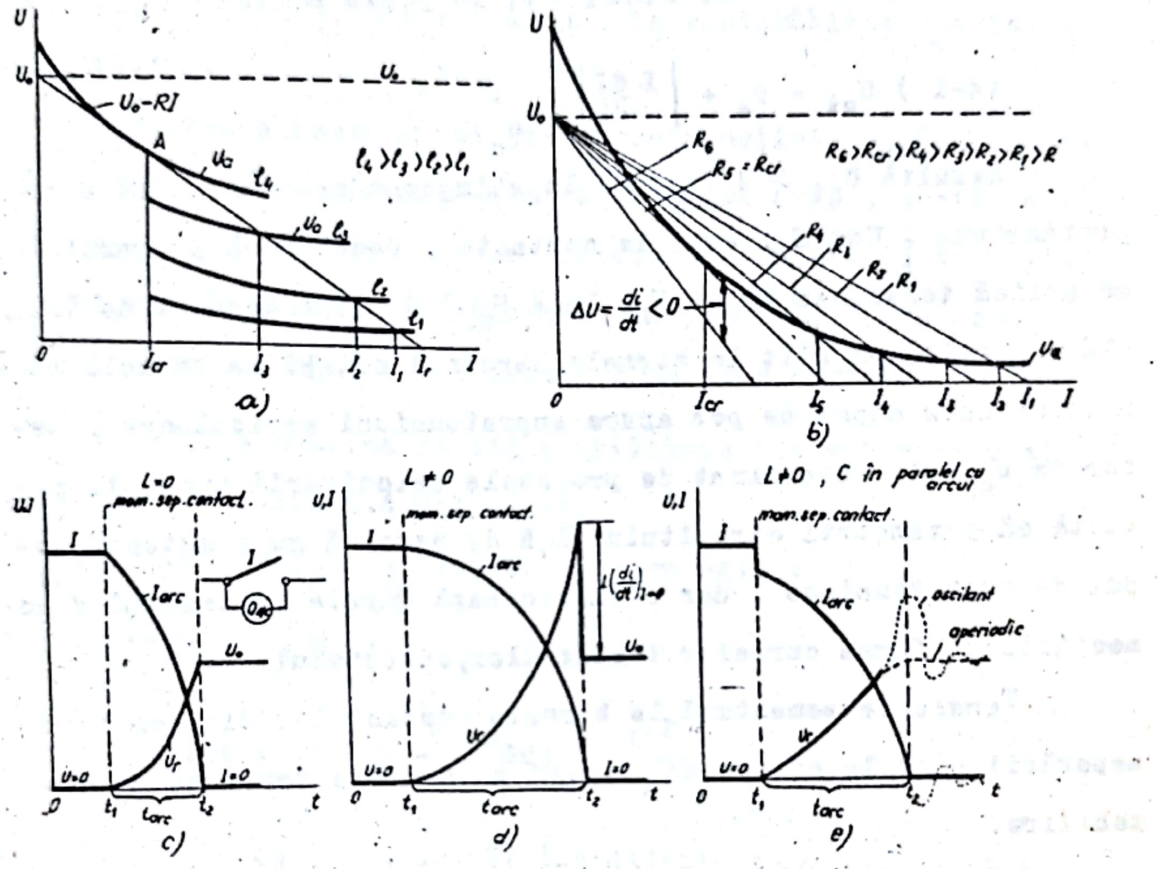


Fig.4-3

atinge valoarea critică I_{cr} după care o urcare oricît de mică a caracteristicii este însoţită de stingerea arcului.

Analog au loc fenomenele la variaţia rezistenţei circuitului.In fig.4-3,b este arătat cazul cînd rezistenţa este în serie cu arcul. Cînd contactele sînt închise curentul este $I_1 = U/R$, iar cînd se deschid apare arcul , curentul devine I_2 şi apoi trece prin valorile I_3, I_4, I_5, I_{cr} pe măsură ce rezistenţa în circuit este mărită . O creştere a rezistenţei peste R_{cr} atrage stingerea arcului . In practică se pot folosi procedee combinate.

Tensiunea la contacte în momentul I = 0 se numeşte tensiune de stingere a arcului(U_{st}) :

$$U_o = L\frac{dI}{dt} + U_{st} \quad \text{sau} \quad U_{st} = U_o - L\frac{dI}{dt}.$$

Dar cum $L\frac{dI}{dt} < 0$, cînd $I \to o$, se poate scrie :

$$(4\text{-}1)\quad U_{st} = U_o + \left| L\frac{dI}{dt} \right|_{I=o}.$$

Rezultă $U_{st} > U_o$, adică la stingerea arcului apare o supratensiune . Cum U_{st} este la contacte , rezultă că pe sarcină se aplică tensiunea $U_{st} - U_o$. Dacă $U_{st} \gg U_o$, cum deseori se întîmplă , rezultă că atît la bornele sarcinii cît şi la bornele aparatului care deschide pot apare supratensiuni periculoase . Deoarece U_{st} este determinat de procesele deionizării arcului, rezultă că parametrii circuitului L,R de sarcină nu afectează şocul de supratensiune , dar condiţionează durata procesului deconectării şi forma curbelor tensiunilor,curentului.

Tensiunea momentană la bornele contactelor din momentul separării pînă la stingerea arcului se numeşte tensiune de restabilire.

In fig.4-3 c,d şi e sînt date cazurile posibile de restabilire a tensiunii la bornele unui întreruptor de curent continuu.Cînd se află o capacitate în paralel cu arcul,restabilirea se poate face aperiodic sau oscilant.

Pentru a micşora durata arderii arcului trebuie să mărim $L\frac{dI}{dt}$, iar ca să evităm supratensiuni mari trebuie ca $L\frac{dI}{dt}$ să aibă valori minime . Dispozitivele de stingere a arcului de curent continuu au la curenţi mari $L\frac{dI}{dt}$ mare, iar la curenţi mici $L\frac{dI}{dt}$ mic.

Folosirea uleiului la stingerea arcului de curent continuu duce la o creştere exagerată a lui U_{st} , fapt care face ca să nu

fie posibilă utilizarea întreruptoarelor în ulei la curent continuu.

Prezenţa unei capacităţi la bornele arcului (în paralel cu arcul) are ca efect uşurarea stingerii arcului prin micşorarea curentului în arc, dar poate duce la restabilirea tensiunii cu oscilaţii.

Reducerea supratensiunilor se poate obţine cuplînd în paralel cu sarcina o rezistenţă ohmică , uneori cu o capacitate în serie pentru a evita consumul de energie pe rezistenţă în regim permanent sau înlocuind rezistenţa cu un redresor care opune rezistenţa inversă cînd trece curentul în sens normal.

In tehnica modernă capătă o utilizare tot mai mare rezistenţele cu caracteristică neliniară.

Energia degajată în coloana de arc este :

$$\int_0^t UIdt = \int_0^t I^2Rdt + \int_0^t U_aIdt + \int_0^t LI\,dI \text{ sau}$$

$$W_{arc} = \int_0^t U_aIdt = \int_0^t UIdt - \int_0^t I^2Rdt + \frac{LI^2}{2}.$$

In curent continuu cu cît inductivitatea circuitului este mai mare cu atît energia acumulată în arc este mai mare şi stingerea este mai dificilă.

4-3. Stingerea arcului electric de curent alternativ

Arcul electric în curent alternativ se stinge şi se reaprinde la fiecare trecere a curentului prin zero. Esenţial în acest caz este nu stingerea arcului care se produce de la sine, ci evitarea reaprinderii sale. Trecerea curentului prin zero nu se face sinusoidal (fig.4-4), ci are o perioadă de timp în care este practic nul numită pauză de curent. In acest interval de timp spaţiul de arc din conductor devine progresiv mediu izolant şi gradul lui de regenerare decide stingerea definitivă sau reaprinderea arcului . Pauza de curent este mare la circuite

rezistive şi mică la circuite inductive. Deci ultimile vor fi

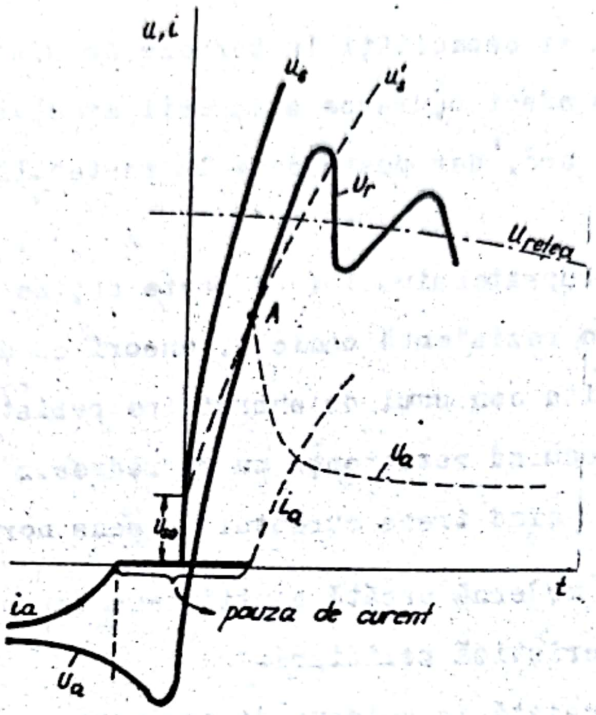


Fig.4 - 4

mai greu de întrerupt . La stingerea arcului, conductivitatea reziduală a coloanei menţine un anumit curent - curentul post-arc - care poate favoriza reaprinderea . Fluctuaţiile temperaturii , urmărind fluctuaţiile curentului , favorizează stingerea arcului.

In fig.4-4 sînt ilustrate condiţiile de stingere şi reaprindere a arcului la trecerea prin zero a curentului pentru un circuit pur inductiv . La trecerea curentului prin zero are loc stingerea definitivă a arcului dacă rigiditatea dielectrică creşte mai repede decît gradientul de potenţial sau altfel spus, dacă tensiunea de restabilire U_r rămîne tot timpul inferioară tensiunii de străpungere U_s a spaţiului de arc . Se observă că nivelul izolaţiei creşte brusc iniţial (U_{s0} = 15o -25o V), fenomen folosit la construcţia aparatelor de joasă tensiune . Dacă nu este îndeplinită condiţia , arcul se poate reaprinde

(curbele cu linii întrerupte), cînd curba $U_{s(t)}$, de exemplu, intersectează curba $U_{r(t)}$ în punctul A. La deschiderea unui aparat de conectare tensiunea de străpungere variază în timp şi spaţiu.

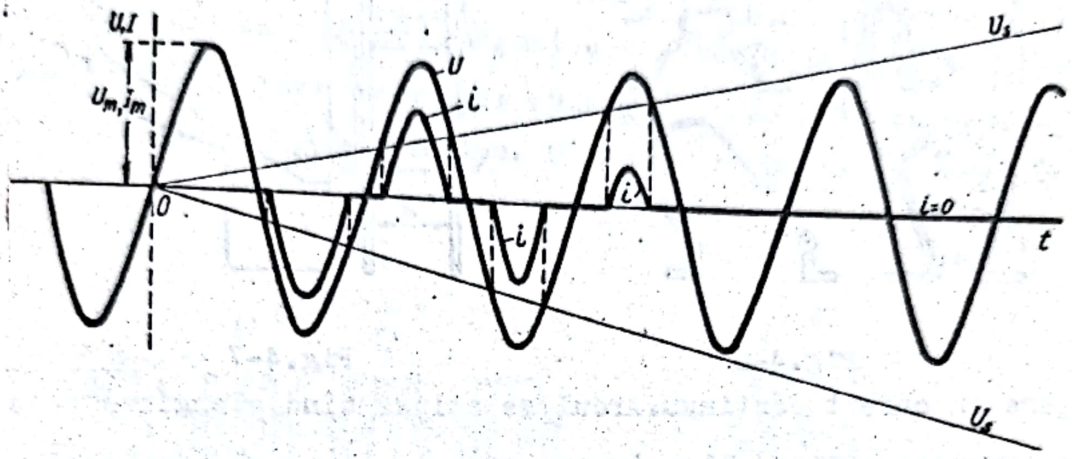


Fig.4 - 5

Acest lucru este ilustrat în fig.4-5. S-a admis pentru simplitate că tensiunea de străpungere variază liniar. Pauzele de curent devin tot mai mari , favorizînd stingerea arcului, care rămîne definitivă cînd $U_s > U_r$.

La circuite capacitive apar dificultăţi mari la stingerea arcului, deoarece se produc supratensiuni periculoase .

Restabilirea tensiunii în curent alternativ poate avea aperiodic, oscilant pe o singură frecvenţă sau cu frecvenţă multiplă.

Deoarece arcul în curent alternativ se stinge la fiecare trecere a curentului prin zero, oferă condiţii mai bune de stingere decît în curent continuu.

4.4. <u>Procedee şi dispozitive de stingere a arcului electric</u>.

Stingerea arcului electric poate avea loc pe două căi: naturală şi forţată .

S t i n g e r e a n a t u r a l ă se poate produce prin simplă alungire a arcului sau combinată cu alungirea electromagnetică a arcului datorită cîmpului magnetic propriu .In fig.4-6

sînt prezentate cîteva scheme principale ale dispozitivelor de

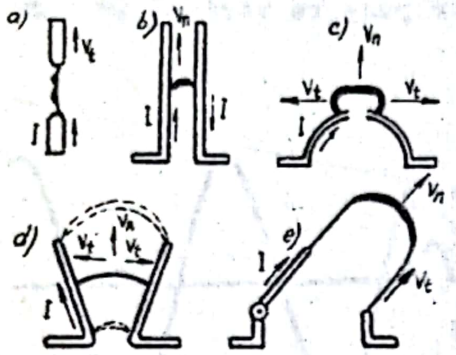


Fig.4-6

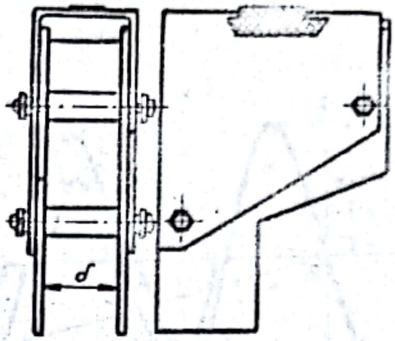


Fig.4-7

stingere în curent continuu. Arcul se stinge cînd alungirea sa a atins lungimea critică. Alungirea poate avea loc prin deplasarea longitudinală a unui contact cu viteza tangenţială V_t (fig.4-6,a), prin deplasarea arcului cu o viteză V_n normală pe direcţia arcului (fig.4-6,b) sau cu ambele viteze (fig.4-6.c,d,e) prin adoptarea unei forme speciale pentru contacte.

La curent continuu lungimea critică a arcului în cazul alungirii naturale este mare: $\ell_c \approx 25$ cm la 220 V şi 150 A, $\ell_c > 2$ m la 1500 V şi 2000 A.

La curent alternativ alungirea mecanică naturală dă rezultate bune pentru tensiuni joase şi curenţi mici. Incercările experimentale au arătat că arcul se stinge definitiv la prima sa trecere prin zero, de exemplu, pentru: 1) $\cos\varphi = 1$, U=500 V şi $\ell_c = 0{,}5$ mm; 2) $\cos\varphi = 0{,}4$; U=230 V şi $\ell_c = 0{,}5$ m ; 3) $\cos\varphi = 0{,}4$, U=500 V şi $\ell_c = 1$ m pentru $i_a < 10$ A sau $i_a > 200$ A.

S t i n g e r e a f o r ţ a t ă a arcului se obţine cu ajutorul dispozitivelor de stingere.

C a m e r a d e s t i n g e r e l a r g ă (fig.4-7) cu pereţii din azbociment, şamotă, steatit sau ceramică are distanţa dintre pereţi d mai mare decît diametrul arcului. Are rolul de a limita dezvoltarea arcului într-un anumit spaţiu, de a evita amorsarea arcului între piese de polaritate diferită şi de a favoriza întrucîtva stingerea arcului. Camera poate fi prevăzută şi cu suflaj magnetic.

C a m e r e c u f a n t ă î n g u s t ă . Pentru a mări eficienţa camerelor de stingere pereţii se apropie mult ast-

fel încît arcul să ajungă în contact intim cu pereţii. Ca acest contact să se menţină pe toată durata arcului camera poate avea secţiunea variabilă. Principiul este folosit atît în curent continuu cît şi în curent alternativ . Deplasarea arcului în raport cu pereţii poate fi făcută prin autosuflaj magnetic, prin autoformare de gaze la pereţi gazigeni etc. In fig.4-8 sînt reprezentate cîteva tipuri de camere cu fantă îngustă cu autosuflaj magnetic pentru curent continuu. O cameră cu fantă îngustă

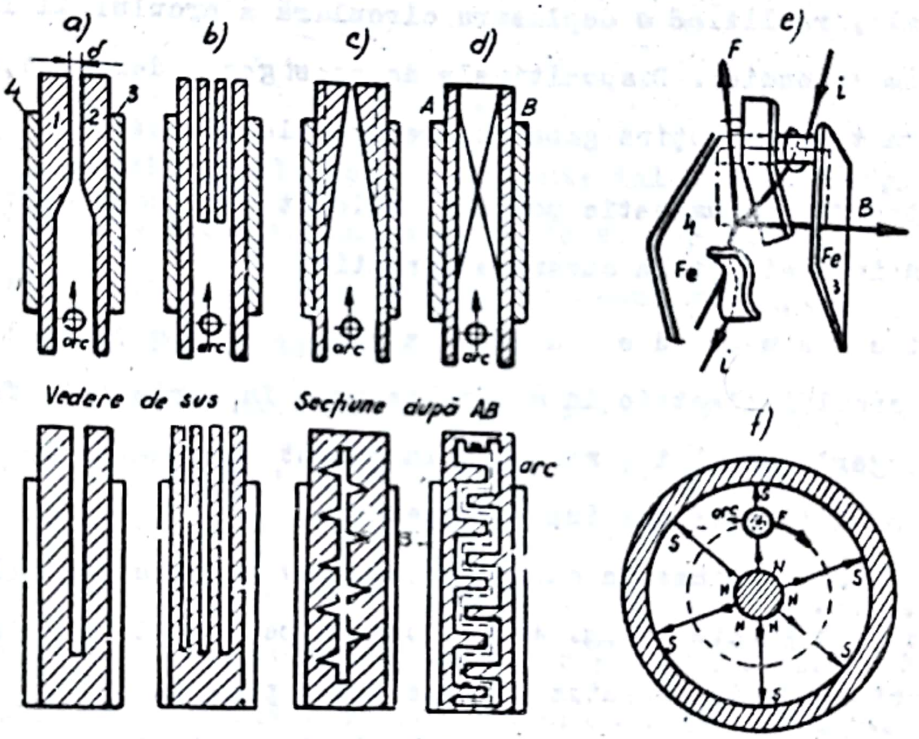


Fig.4-8

(fig.4-8,a) are pereţii 1 şi 2 din material rezistent la arcul electric care închid o fantă îngustă cu secţiune obişnuit variabilă , în care este adus arcul electric. Pentru a mări eficienţa camerii se pot folosi mai multe fante în paralel(fig.4-8,b),raţional cudouă fante. , se poate realiza un sistem şicanat(fig.4-8,c) sau se poate folosi o carcasă cu fantă cu profil ondulat şi variabil (fig.4-8,d) . La aceste camere pentru a deplasa arcul şi a-l alungi se foloseşte principiul

autosuflajului magnetic (fig.4-8,e). In zona contactului se stabileşte un cîmp de inducţie B,normal pe direcţia curentului (arcului),creat de o bobină de suflaj de tip serie şi a cărei circuit magnetic este astfel construit,ca între plăcile sale feromagnetice 3 - 4 să producă cîmpul magnetic necesar. Forţa electrodinamică F ce apare produce o deplasare energică a arcului în sensul dorit,ajutînd stingerea.

La unele dispozitive moderne (fig.4-8,f)cîmpul magnetic este radial , realizînd o deplasare circulară a arcului îl înfăşoară ca un solenoid . Dispozitivele de acest gen , denumite solenare , permit să se obţină gabarite reduse ale aparatelor.

Autosuflajul magnetic poate fi folosit cu succes atît la curent continuu cît şi la curent alternativ.

S i s t e m e d e d i v i z a r e a a r c u l u i. Divizarea arcului electric în mai multe arce în serie este favorabilă stingerii arcului , mai ales la curent alternativ unde se foloseşte pînă la cele mai înalte tensiuni.

La joasă tensiune în curent alternativ se practică mult ruperea în două puncte (fig. 4-9,a) bazată pe faptul că la separarea a două contacte izolaţia se face brusc pînă la U_{so} = = 15o - 25o V. Procesul este mult folosit la contactoare ,relee, contacte auxiliare etc. pînă la tensiuni de 38o V . Uneori se aplică o divizare multiplă a arcului cu plăcuţe metalice de fier sau cupru(fig.4-9,b) decupate ca să formeze o nişă pentru arcul electric , ansamblul fiind denumit cameră"deion " . Acest tip de cameră nu poate fi folosit în curent continuu din cauza punţilor de metal care pot apare între grătare şi poate duce la menţinerea arcului . Camerele "deion " pot fi asociate şi cu bobine de suflaj fapt care le poate permite a fi folosite şi la curent continuu. Grătarele din fier cuprat acţionează mai eficace decît

cele de cupru datorită creşterii forţei electrodinamice .

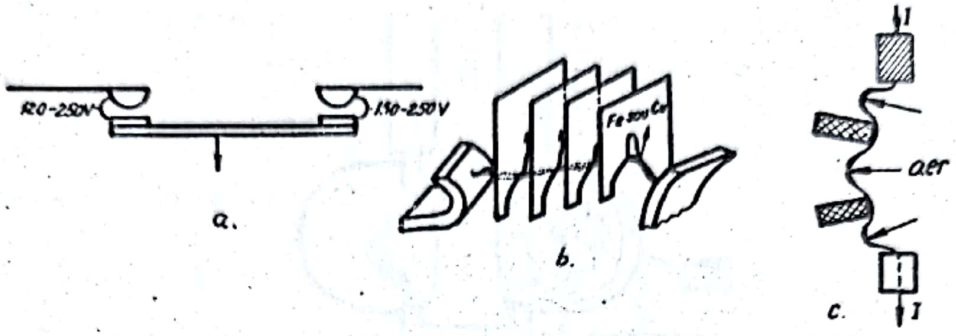


Fig.4-9

Uneori grilele pot fi din material izolant (fig.4-9,c) . In acest caz arcul nu mai este divizat, dar se obţine o alungire mai mare . Sistemul este folosit în cazul suflajului cu fluide, mai ales la înaltă tensiune.

Divizarea arcului este aplicată la descărcătoare cu rezistenţă variabilă , la întreruptoare cu ulei puţin de tip ortojector . etc.

S t i n ge r e a arcului în lichide. Folosirea lichidelor reduce mult lungimea critică a arcului . Uleiul de transformator s-a dovedit a fi cel mai bun . Deşi combustibil, uleiul nu se aprinde dacă nu ajunge în contact cu oxigenul. In plus uleiul are rigiditate dielectrică mult mai mare, permiţînd reducerea gabaritelor aparatelor.

Stingerea în ulei poate fi folosită numai la curent alternativ.

In fig.4-lo este arătată schematic stingerea arcului în ulei mult. La separarea contactelor apariţia arcului duce la crearea unei punţi gazoase în jurul arcului cu structura de pe figură la

presiune ridicată (zeci pînă la sute de atmosfere) .Punga ga-

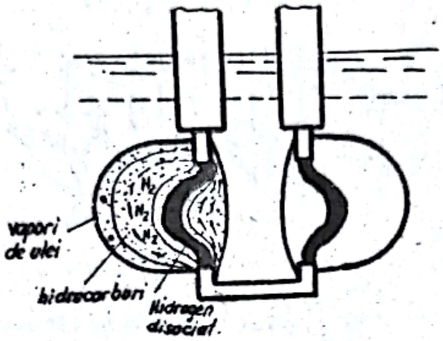


Fig.4-1e

zoasă cu 4o - 45% hidrogen (conductivitate termică şi mobilitate mare) , presiunea ridicată care se formează , rigiditatea dielectrică mare a uleiului, consumul mare de căldură pentru vaporizarea şi disocierea uleiului explică în mare măsură capacitatea uleiului de stingere a arcului.

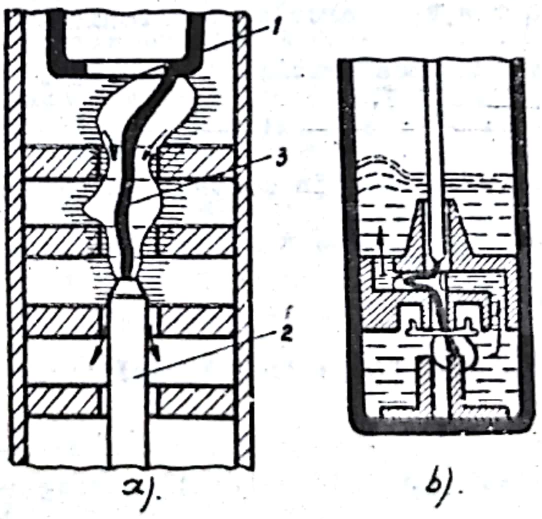


Fig.4-11

Pentru a micşora volumul de ulei se folosesc camere de stingere în care uleiul are numai rolul de mediu de stingere .

Activizarea stingerii se poate obţine prin suflaj longitudinal (fig.4-11, a) , suflaj transversal (fig.4-11,b), sau mixt a arcului electric. De exemplu la separarea contactelor 1 şi 2,apare arcul 3 care produce un volum mare de gaze ce suflă longitudinal arcul.

Pentru a evita pericolul exploziei se folosesc camere de stingere cu apă (expansină).

S t i n g e r e a a r c u l u i î n g a z e s u b p r e s i u n e . Un suflaj forţat de gaze în zona arcului poate fi obţinut cu : aer comprimat, gaze generate de substanţe solide, hexaflorură de sulf etc.

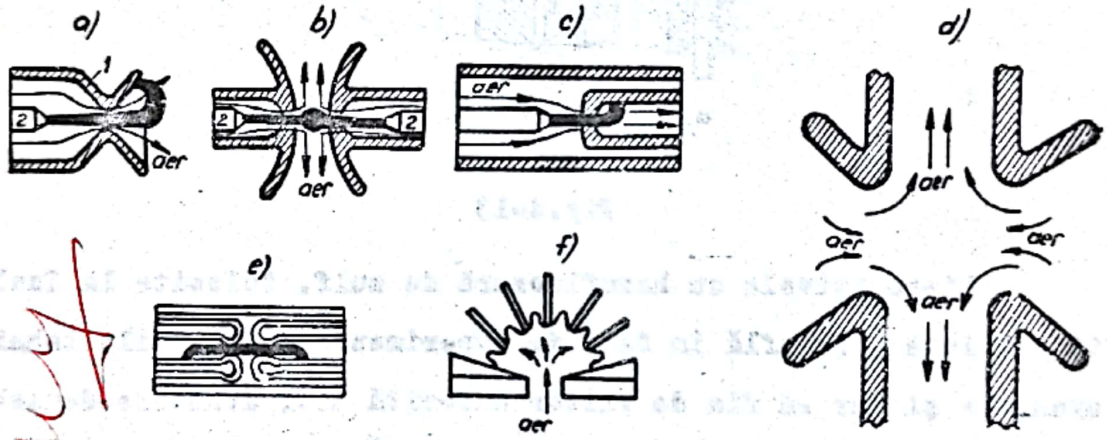


Fig.4-12

In fig.4-12 sînt schiţate principial cîteva dispozitive cu aer comprimat. La tipul "a" duza metalică 1 este obturată de contactul 2, care la deschidere dă drumul jetului de aer să sufle longitudinal arcul .Are neajunsul că trimite vapori de metal în coloană la arc . Tipul " b" are două duze izolate şi ambele contacte mobile . Sistemul nu trimite vapori de metal în coloana de arc,dar are o cursă moartă pînă se deschid duzele. Tipurile "c" şi "e" elimină neajunsul. Tipul "d" este cu suflaj centripet , iar tipul "f",cu suflaj transversal.

Dispozitivele cu autoformare de gaze (fig.4-13) - realizează jetul de gaze datorită arcului electric care apare între contactele 1 şi 2 pus în contact cu un material izolant solid , gazogen (sticlă organică ,etc.), descompunîndu-l..Suflajul poate fi longitudinal (fig.4-13,a) sau transversal (fig. 4-13,b).

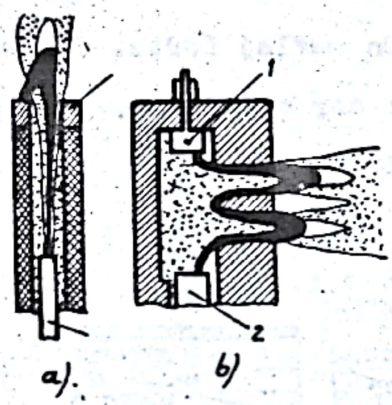


Fig.4-13

Dispozitivele cu hexafluorură de sulf, folosite la înaltă tensiune , se află în fază de experimentare în ţările tehnic avansate şi par să fie de viitor datorită unor avantaje deosebite şi anume:

- hexafluorura de sulf (SF_6) este un gaz incolor , inodor , netoxic şi necombustibil ;

- la o presiune mai mare de 1,25 atm. rigiditatea gazului SF_6 depăşeşte pe cea a uleiului ;

- gaz electronegativ cu mare capacitate de deionizare a coloanei de arc;

- durata arderii arcului foarte mică ($t_a < 0,75$ perioade);

- descompunere slabă sub acţiunea arcului .

La unele tipuri de întrerupătoare se folosesc dispoziti-ve de stingere cu vacuum. Au avantajul că nu apar supratensiuni la deschidere şi necesită un lucru mecanic la deconectare redus. Acest gen de dispozitive n-au căpătat o răspîndire prea mare.

Scanned with OKEN Scanner

PARTEA A DOUA

APARATE ELECTRICE DE JOASA TENSIUNE

Scanned with OKEN Scanner

5. APARATE ELECTRICE NEAUTOMATE

5.1. Generalităţi

Aparatele neautomate sînt aparate electrice folosite la conectarea şi deconectarea manuală directă sau de la distanţă a circuitelor de curent continuu sau alternativ.

Aceste aparate au următoarele caracteristici comune:

- acţionare manuală atît la închidere cît şi la deschidere;
- nu au elemente de protecţie, măsură sau reglare;
- pot întrerupe curenţi cel mult egali cu curentul nominal;
- manevrare rară cu frecvenţă de conectare redusă.

5.2. Prize, fişe şi cuple

Prizele şi fişele se folosesc pentru conectarea la reţea a consumatorilor mobili. Se construiesc bipolare şi tripolare. Cele bipolare pot avea şi contact de protecţie, care la cele tripolare este obligatoriu. Contactul de protecţie asigură legarea instalaţiei la nulul de protecţie sau la pămînt astfel încît aceasta se realizează prima şi se desface ultima . Construcţia nu permite decît introducerea fişei corect în priză . Prizele sînt fixate, iar fişele sînt prinse de cordonul mobil al consumatorului.

Cuplele au construcţia principial similară prizelor fixe, dar ele sînt mobile.

Există prize , fişe şi cuple multipolare, uneori în construcţie etanşă sau antigrizutoasă . Uneori pot fi asociate şi cu alte aparate : separatoare , întreruptoare, siguranţe fuzibile etc.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru folosirea lor corectă în instalaţii trebuie cunoscute multe amănunte despre ele, care se pot obţine din cataloage sau îndreptare [4].

5.3. Separatoare

Se folosesc la instalaţii interioare cu tensiunea pînă la 1 kV pentru separarea vizibilă a circuitelor în scopul efectuării lucrărilor fără a fi sub tensiune circuitele (fig.5-1).Se

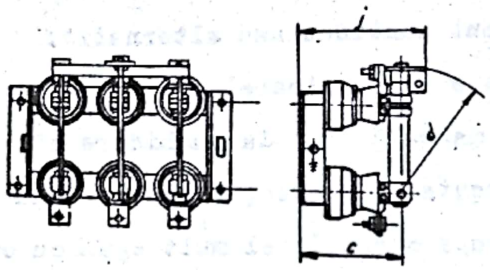


Fig.5-1

montează umai vertical şi pot fi acţionate cu prăjina sau cu o manetă. Au carcasa la pămînt , frecvenţa de conectări 1-12 conectări /h la cel mult 1ooo manevrări, care se fac obligatoriu la sarcină nulă. Închise pot suporta regimul de durată şi cel de scurt circuit în limite prescrise fără a se autodeschide şi oxida contactele (contacte cu mare presiune şi inoxidabile).

5.4. Intrerupătoare şi comutatoare pachet

Intrerupătoarele şi comutatoarele pachet sînt aparate de conectare neautomate de joasă tensiune , caracterizate prin aceea că se obţin prin suprapunerea unui număr variabil de elemente pachete), construite similar, pe acelaşi ax, fiecare element fiind o cale de curent (fig.5-2).

Contactele fixe sînt montate pe discurile pachetelor care

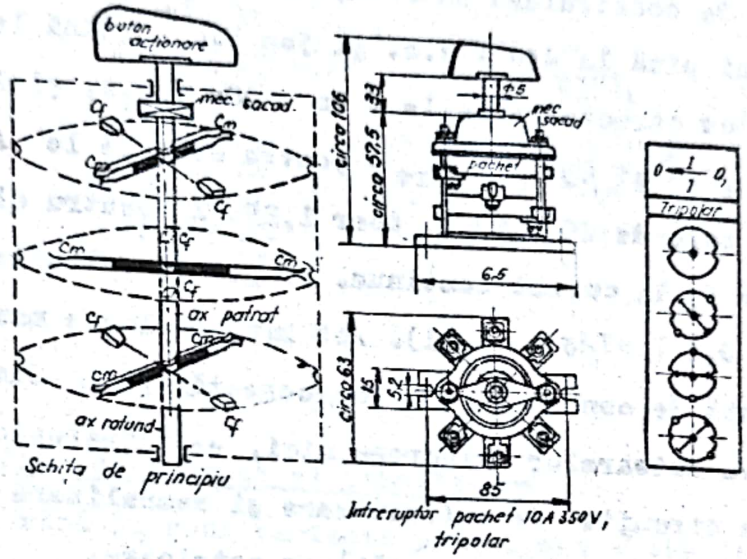


Fig.5-2

se suprapun, iar contactele mobile şi elastice se află solidare pe un ax central. Maneta de acţionare este cuplată cu axul contactelor prin mecanismul de sacadare care asigură manevrarea bruscă a contactelor indiferent de viteza manetei.

Aparatele de conectare pachet asigură :

1. Intreruperea curenţilor relativ mari cu gabarite comparativ mici datorită: ruperii duble pe calea de curent; cameră închisă, îngustă, din două discuri izolante; viteză mare de deschidere ; lipsă de vibraţii;

2. Scheme variate de utilizare : întreruptoare şi comutatoare multipolare , inversoare, comutatoare stea -triunghi sau dublă stea- triunghi ;

3. Posibilitate de construire pentru izolaţii etanşe sau

antiexplozive;

4. Funcţionarea în orice poziţie şi în cazuri de scuturături sau vibraţii.

Ca neajunsuri pot fi citate: n-au decît acţionare manuală, nu suportă scurtcircuite prea mari.

Se construiesc întreruptoare şi contactoare pachet pentru tensiuni pînă la 440 V.c.c. şi 500 V.c.a, pînă la 100 A. La noi se fac cu caracteristicile : Un - 380 V.c.a. şi 220 V.cc; In - 10, 25 şi 63 A; I_{rupere} - pentru cele de 10 A - 6 I_n, iar pentru cele de 25 ; 63 A, doar 1,25 . I_n pentru circuite inductive şi doar I_n la curent continuu. Nu pot fi folosite în circuite cu $\cos\varphi < 0,4$ (STAS 5414-61). Pot suporta 1000 manevrări , cu o frecvenţă de conectare sub 100 conectări/oră .Sînt folosite la: pornirea motoarelor asincrone mici, ca întreruptoare grup de tablou,în circuite de automatizare şi semnalizare .Pentru detalii se va folosi îndreptarul[4] sau cataloage.

5.5. Întrerupătoare şi comutatoare cu came

Constructiv se apropie mult de aparatele de conectare pachet : se obţin cu un număr variabil de elemente similare montate pe un ax comun , manevrarea manuală prin rotirea axului comun etc (fig.5-3) . Deosebirea principală constă în aceea că axul comun nu mai posedă contactele mobile ,ci nişte came din material izolant care realizează închiderea şi deschiderea contactelor.Se folosesc la închiderea şi deschiderea circuitelor de curent continuu sau alternativ . Pot avea maximum 11 etaje, cu cîte două căi de curent . Pot fi făcute cu acţionare instabilă (revenire) şi se acţionează cu manetă sau buton.La noi se construiesc cîteva variante (C 16, C 25/6o etc) cu caracteristicile : 380 V.c.a/ /175 V.c.c; 16 A, respectiv 25/6o A; 10000 manevre pentru $\cos\varphi > 0,4$ la max .30 con/h şi respectiv 10 con/h.

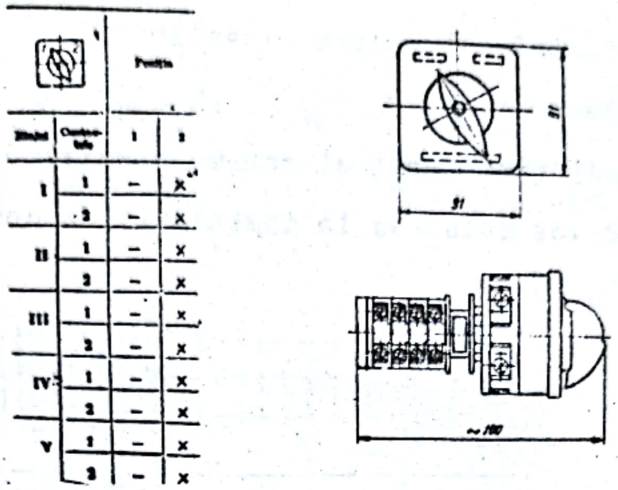
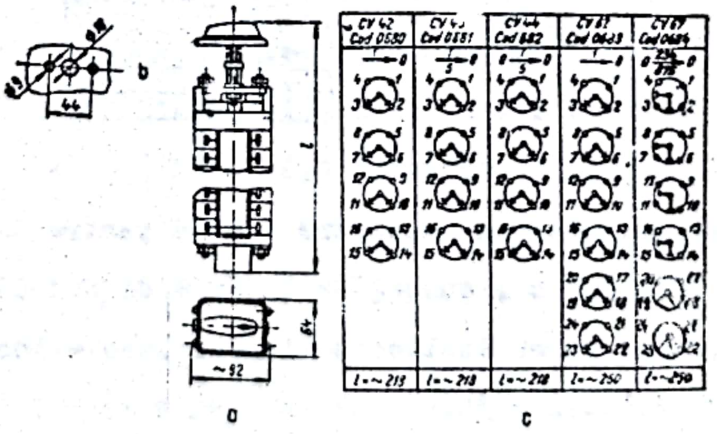


Fig.5- 3

5.6. Chei de comandă şi semnalizare

Se fabrică în două variante principale : tip pachet , tip cu camc . Sînt folosite în instalaţii de automatizare,în centra-



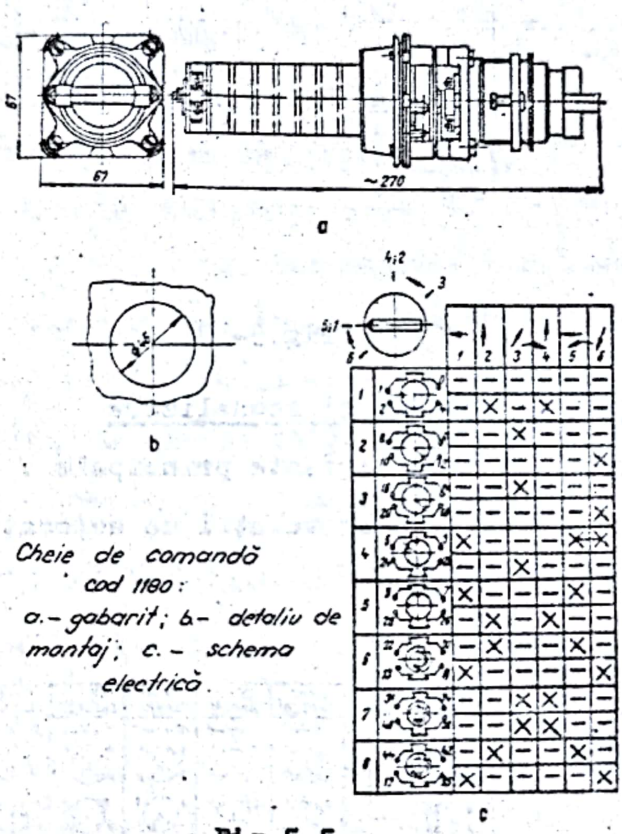
Comutatoare voltmetrice - codurile 0680 - 0684 : a - gabarit ; b. - poziţia şi dimensiunile găurilor de fixare pe panou ; c. - scheme realizate

Fig. 5-4

le şi staţii de distribuţie .Pot fi cu lampă de semnalizare şi acţionate cu buton sau manetă.

In fig.5-4 este prezentat aspectul general al unei chei de comandă voltmetrice (comutator voltmetric) , avînd alăturat scheme realizate.

Fig.5-5 conţine forma şi schema electrică a unei chei de comandă cu came .Se folosesc la instalaţii de comandă, măsură şi automatizare.



Cheie de comandă cod 1180: a.- gabarit; b.- detaliu de montaj; c.- schema electrică.

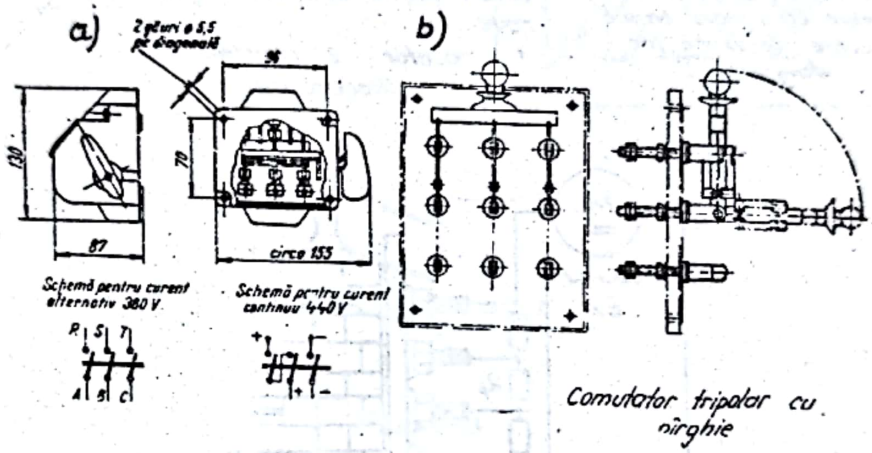
Fig.5-5

Cheile de comandă şi semnalizare se fac pentru tensiuni sub 5oo V.c.a şi 25o V.c.c , curenţi relativ mici (sub lo A),manevre în funcţie de tip şi numărul de poziţii:lo.ooo - loo.ooo manevre la f = 3o - loo con /h.

Utilizarea se va face numai în conformitate cu posibilităţile lor indicate în îndreptar [4], în funcţie de tipul folosit sau apropiat.

5.7. Intrerupătoare şi comutatoare cu pîrghie (hebluri)

Aceste aparate de joasă tensiune sînt caracterizate prin faptul că închiderea şi deschiderea circuitelor are loc cu contacte mobile în formă de braţ de pîrghie (fig.5-6). Se folosesc în circuitele de lumină şi forţă, atît în curent continuu cît şi



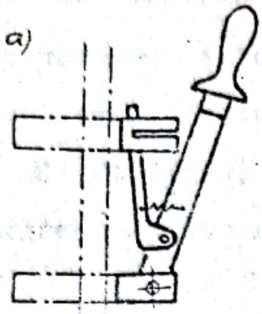
Intrerupător cu pîrghie tripolar de 25A - cod 1300

Fig.5-6

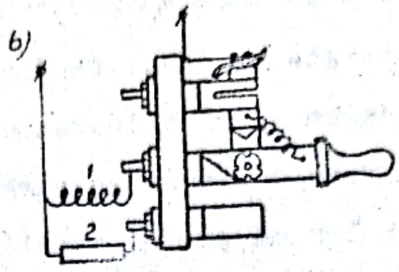
în curent alternativ . Se montează aparent . Pot îndeplini diferite funcţiuni în instalaţii : întreruptor (fig.5-6 şi 5-7), comutator tripolar (fig.5-6,b), comutatoare speciale (fig-5-7 , b,c) , pot întrerupe curenţi de sarcină şi pot suporta în poziţia închis scurtcircuitele pentru a căror întrerupere se montează siguranţele fuzibile. Ca mijloace de stingere pot avea : forme speciale pentru cuţit şi furcă, cu zone specializate pentru regimul de lucru şi rupere, cuţite speciale cu deschidere bruscă (fig.5-7,a) pentru curenţi mici , autosuflajul magnetic la curenţi mari , camera de stingere largi (fig.5-8), etc.

Aparatele de conectare cu pîrghie construite în ţară trebuie să corespundă STAS 2425-61 .Se fac în cîteva variante cons-

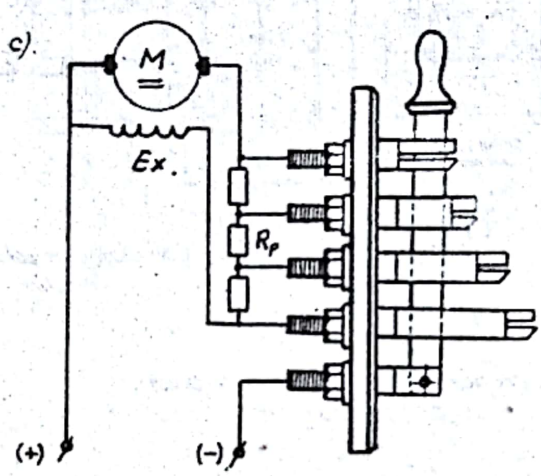
tructive. Pentru seria curenţilor 25 , 63 şi 1oo A (fig.5-6,a)



Intreruptor unipolar cu pîrghie cu rupere bruscă, cu cuţite de uzură. (de stingere)



Comutator de excitatie introducînd o rezistenţă de descărcare în circuit închis cu inductorul unui generator:
1 – inductor ; 2 – rezistentă de descărcare



Comutator servind ca reostat de pornire.

Fig.5-7

se fac cu manetă de acţionare laterală şi cu tensiunile nominale de 38o V.c.a.sau 44o V.c.c. (eventual 22o V.cc), 1ooo manevrări cu cel mult 1 con/h, $\cos\varphi > 0,7$ şi durata conectării 1oo %.

Pentru seria curenţilor 2oo , 35o , 6oo şi 1ooo A (fig.5 - 8) se fac cu manetă sau cu pîrghii de acţionare. Se folosesc în curent alternativ la 38o V sau 5oo V. Pot suporta 2ooo manevre la frecvenţa de 1 con/h. Au durata de conectare 1oo% şi pot funcţiona la $\cos\varphi > 0,7$. Se construieşte un tip bipolar similar, specializat pentru curent continuu, cu caracteristicile:

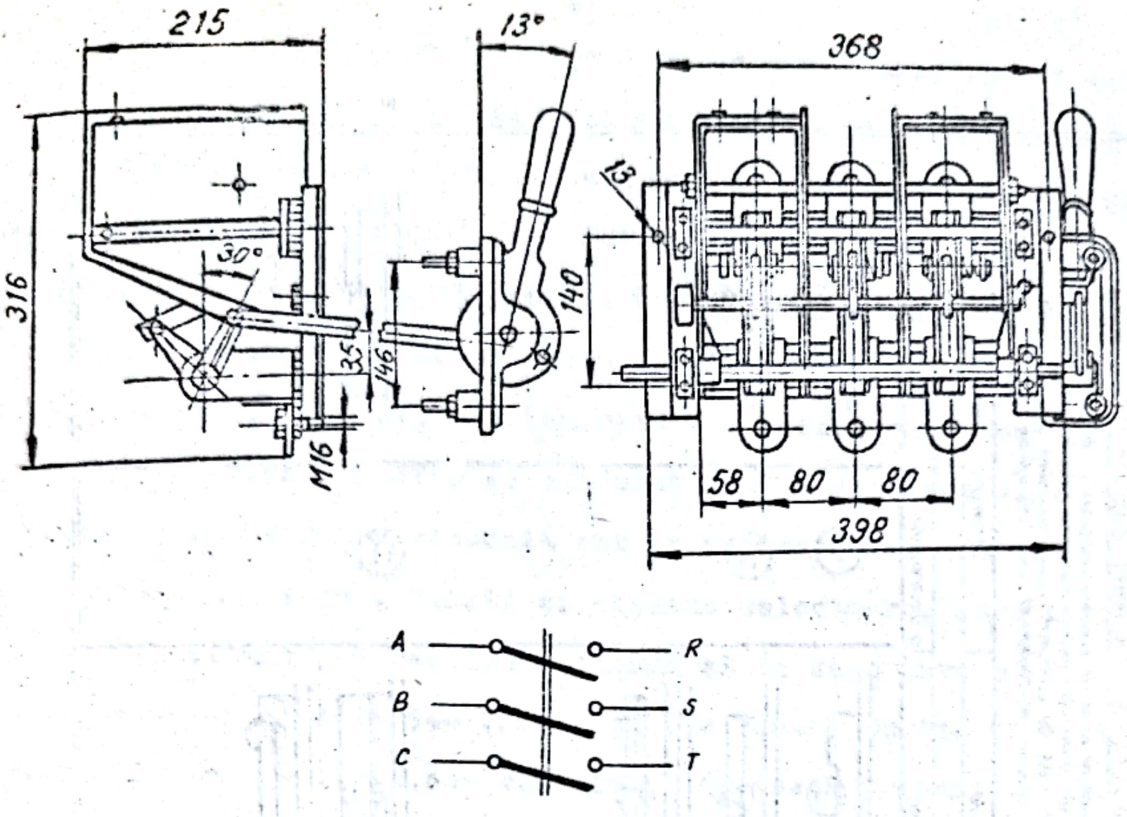


Fig.5-8

U 175 V, I_n = 600 A, 2000 manevre la 1 con/h şi DCR 100% . De asemenea, se construiesc şi diferite tipuri de comutatoare stea-triunghi , inversoare etc.

5.8. Intrerupătoare şi comutatoare pentru instalaţii interioare

Au o mare răspîndire şi sînt de o varietate foarte mare, cele mai utilizate sînt tipul cumpănă şi tipul basculant. Au mecanism de sacadare şi se montează în general pe circuite de lumină , putînd realiza diferite scheme de comandă (fig.5-9) .Pot suporta aproximativ 50.000 manevre , la o frecvenţă de 30 con/h. Se pot folosi pînă la 250 V şi 10 A.Nu întrerup suprasarcini sau scurtcircuite , necesitînd siguranţe fuzibile . Pot fi protejate cu carcase speciale.

5.9. Butoane de comandă

Butoanele de comandă sînt aparate folosite în instalaţii-

APARATE DE CONECTARE

ÎNTRERUPĂTOARE ȘI COMUTATOARE CUMPĂNĂ ȘI BASCULANTE

Întrerupătoarele și comutatoarele cumpănă și basculante realizează închiderea sau deschiderea circuitelor (în general de iluminat), prin apăsarea pe extremitățile unui buton (cumpănă) sau pe o mică manetă (basculantă). Mișcarea contactului mobil se realizează printr-un mecanism cu resort.

Întrerupătoarele și comutatoarele cumpănă și basculante pot realiza diferite scheme de comandă a instalațiilor de iluminat.

Denumirea aparatului	Aparate rotative		Aparate basculante	Aparate cumpănă	
	Schema de conexiuni				
	a aparatului	la rețea	la rețea	a aparatului	la rețea
Întrerupător unipolar				I	
Întrerupător bipolar				II	
Întrerupător tripolar					
Comutator hotel					
Comutator corpuri de iluminat					
Comutator scară				III	
Comutator cruce					

Fig.5 - 9

Scanned with OKEN Scanner

le electrice pentru comanda aparatelor de acţionare. Pot fi echipate cu unul sau mai multe grupuri de contacte normal deschise sau închise . Butoanele pot fi colorate în roşu, galben, verde şi negru sau pot fi transparente. Butoanele de comandă a opririi funcţionării trebuie să fie roşii. Contactele normal deschise pot purta numere cu soţ şi cele deschise fără soţ. Se pot face pentru montaj aparent sau îngropat , în construcţie normală sau antiexplozivă , pentru curent continuu şi alternativ. Pot fi construite cu revenire automată sau cu reţinere . Unele au şi lampă de semnalizare . Există şi butoane selectoare, care rotite cu 90° la stînga pot realiza o schemă şi în sens invers alta. Se construiesc pînă la 500 V.c.a. şi 250 V.c.c. Durata de viaţă poate fi 5.000 - 1.200.000 manevre şi de aceea trebuie să asigurăm o alegere cît mai potrivită a butoanelor.

5.10. Rezistenţe, rezistoare şi reostate.

5.10.1. Generalităţi .

R e z i s t e n ţ ă e l e c t r i c ă se numeşte proprietatea fizică a unui corp sau mediu străbătut de curent de a transforma energia electrică în energie termică.

Valoarea rezistenţei poate fi exprimată prin raportul dintre puterea electrică absorbită şi pătratul curentului continuu sau alternativ în valoare eficace ($R=P/I^2$). Ea poate fi considerată şi ca raportul dintre diferenţa de potenţial U pe elementul considerat şi curent ($R=U/I$), dacă elementul nu este sediul nici unei forţe electromotoare.

R e z i s t o r s e n u m e ş t e corpul sau mediul posesor al rezistenţei . Curent rezistoarele se numesc impropriu " rezistenţe ".

C u t i a d e r e z i s t o a r e este un ansamblu de rezistoare ce permite să se obţină anumite valori ale rezistenţei.

R e o s t a t u l este un ansamblu de rezistoare prevăzut cu o posibilitate de variaţie continuă sau în trepte a rezistenţei.

Intr-un circuit rezistenţa are următoarele efecte:

1. produce o cădere de tensiune exprimată în volţi, $\Delta U = RI$, sau procentual $\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U} 100\%$;

2. transformă o cantitate de energie sau putere , conform legii Joule - Lenz;

$$W_p = \int_0^t R\, I^2 dt \; ; \quad W\% = \frac{\Delta W}{W} 100 \text{ sau}$$

$$p\% = \frac{\Delta P}{P} 100 .$$

Cel mai important factor care influenţează rezistenţa este temperatura .Pentru solide variaţia rezistivităţii are loc după legea :

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Theta),$$

unde ρ_0 este rezistivitatea la $0^\circ C$; α - coeficientul de variaţie cu temperatura ; Θ - temperatura .

5.1o.2. <u>Materiale pentru rezistoare</u>

Materialele pentru rezistoare trebuie să aibă rezistenţă cît mai mare şi mai puţin influenţată de temperatură .Să aibă temperatura de lucru cît mai mare şi să fie rezistente la coroziune.

Metale folosite sînt: aluminiul, fierul,fonta,nichelul, wolframul , molibdenul , platina etc. Utilizarea lor este restrînsă deoarece au rezistivitatea mică şi sînt supuse coroziunii.

Aliajele metalelor greu fuzibile (Cu, Ni, Mn,Fe,Cr)sînt mai propice pentru rezistoare.

Iată cîteva aliaje mai folosite :

M a n g a n i n a (86% Cu, 2% Ni şi 12% Mn). Are rezistivitatea o,43 $\Omega \cdot mm^2/m$, iar cu alte procente poate varia pînă la 1,88 ~ 2,2 $\Omega \cdot mm^2/m$. Are temperatura maximă de lucru 3oo°C.

C o n s t a n t a n u l (6o% Cu, 4o% Ni).Rezistivitatea scade puţin cu creşterea temperaturii , avînd valorile o,44 -o,52 $\Omega \cdot mm^2/m$ şi temperatura maximă de lucru 45o°C.

N i c h e l i n a (66% Cu, 34% Ni).Are rezistivitate de o,4 $\Omega \cdot mm^2/m$ şi temperatura maximă de lucru 25o°C.

Alte aliaje folosite sînt: nicromul (Ni,Cr) ;fecralul (Fe,Cr,Al) ; cromelul (Fe,Cr, Al); oţel cromat (Fe,Cr,Mn) etc; fecralul are o rezistivitate dublă faţă de constantan şi poate lucra pînă la 85o°C.

F o n t a .Rezistivitatea variază mult cu temperatura şi nu poate fi folosită pentru rezistenţe de reglaj.Temperatura de lucru este max. 4oo°C . Se toarnă în elemente tip zate. Este casantă şi nu merge în locuri cu vibraţii.

T a b l a d e o ţ e l . Este prelucrată prin ştanţare şi se foloseşte în special cufundată în ulei(115

5.1o.3. Construcţia şi calculul rezistoarelor

R e z i s t o a r e s p i r a l e c u r ă c i r e î n a e r . Aceste rezistoare pot fi fără carcasă (fig.5-1o), dacă firul este suficient de gros, sau pot fi bobinate pe cilindri ceramici ,cu sau fără renuri, uneori emailaţi . Calculul rezistoarelor poate fi făcut doar aproximativ.

Iată principial cum se poate face dimensionarea rezistoarelor pentru fir rezistiv rotund, pentru regim de funcţionare permanent.

Puterea degajată este egală cu puterea cedată :

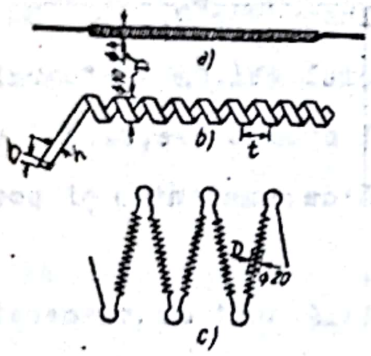
$$P_d = P_c \quad \text{sau} \quad I^2R = p\,S,$$

unde p este încărcarea specifică ce se ia 4-12 W/cm^2, funcţie de

destinaţia şi materialul rezistorului ; S - suprafaţa de cedare a căldurii , în $[cm^2]$.

Inlocuind $I = \frac{P}{U}$, $R = \rho \frac{\ell}{\frac{\pi d^2}{4}}$ şi $S = lo\,\pi\, d\ell$ vom găsi:

$$d\,[mm] = \frac{1}{2,91} \sqrt[3]{\left(\frac{P(W)}{U\,[V]}\right)^2 \frac{\rho\,[\Omega\, mm^2/m]}{p\,[W/cm^2]}} .$$



Elemente de rezistor spiralizate, fără carcasă: a) - fir spiralizat ; b. - o parte dintr-o bandă spiralizată ; c.- o parte dintr-un rezistor alcătuită din cinci elemente din fir spiralizat.

Fig.5-lo

Dacă nu se cunoaşte încărcarea specifică, se poate proceda astfel:

$$I^2R = K\,S\,\vartheta ,$$

în care înlocuind $R = \rho \frac{\ell}{\frac{\pi d^2}{4}}$ şi $S = lo\,\pi\, d\ell$, aflăm o relaţie pentru diametru

$$d = \sqrt[3]{\frac{0,4\,\rho I^2}{K \pi^2 \vartheta}} ,$$

în care K este coeficientul de cedare a căldurii ce poate fi luat o,oo2-o,oo23 $W/cm^2\,{}^oC$ şi o,ool -o,ool4 $W/cm^2\,{}^oC$ pentru rezistenţe bobinate pe plăci; ϑ- supratemperatura în ^oC.

In cazul rezistenţelor bobinate pe cilindri se ia ca suprafaţă de răcire suprafaţa laterală a cilindrului.

Dacă se lucrează cu bandă, atunci vom avea:

$$s = b\,h,\ R = \rho \frac{\ell}{bh} ,\ s = 2(b+h)lo\ell \approx 2o\ h\ell ,$$

sau $$\rho \frac{I^2}{bh} \approx 2o\ \ K\,h\,\vartheta .$$

Dacă se adoptă h sau b, formula permite să se afle cealaltă dimensiune .

Rezistenţa la temperatura de lucru va fi :

$$R_\Theta = \frac{U^2\,[V]}{P\,[W]} \quad [\Omega]\ ,\ \text{iar la } 0^\circ C: R_0 = \frac{R_\Theta}{1+\alpha\,\Theta}\ .$$

Diametrul şi pasul spiralei se aleg empiric, de exemplu:

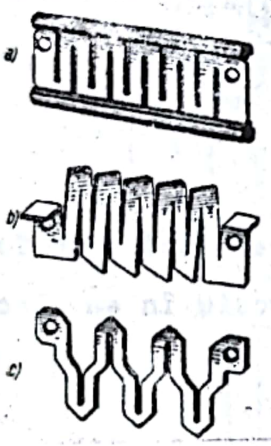
$D = (4...10)d$; $t = (2....3)d$, în [mm].

Cantitatea de material rezistiv necesară:

$$G = V\gamma = \frac{\pi d^2}{4}\,\ell\,\gamma \quad .$$

Pentru regimul de scurtă durată sau intermitent se deduce curentul echivalent şi calculul se face analog.

E l e m e n t e ş t a n ţ a t e .In fig.5-11 sînt reprezentate cîteva forme de rezistoare ştanţate din tablă de oţel. Se folosesc de obicei în ulei pentru a evita coroziunea.



Elemente de rezistor ştanţate: a.- element din tablă subţire de oţel cu brîie în formă de U pentru mărirea rigidităţii mecanice; b.- element cu porţiuni în zig-zag înclinate pentru mărirec rigidităţii mecanice; c.- element din tablă groasă.

Fig.5-11

E l e m e n t e d e f o n t ă. Elementele de fontă se obţin prin turnare şi arată ca în fig.5-12. Se folosesc pentru reostate de pornire şi reglaj, cu răcire în aer. Se dilată mult şi trebuie să aibă montate resoarte de compensare puternice. Elementele sînt casante şi au grosimea minimă de 2,5 mm. Pentru elemente de 3,5 mm se recomandă încărcările : 35 W/dm^2 la regim permanent ; 130 - 200 W/dm^2 la regim intermitent şi max 470 W/dm^2 la scurtă durată. Pentru alte grosimi se modifică proporţional cu grosimea, încărcările .

Pentru regim permanent se poate lua densitatea de curent 1,2 - 1,8 A/mm^2. Dacă este cunoscută rezistenţa necesară, cu datele indicate se poate uşor determina numărul de elemente necesare ca să se obţină rezistenţa dorită şi suprafaţa de ceda-

cedare a căldurii.

Capacitatea termică a rezistenţelor metalice creşte mult

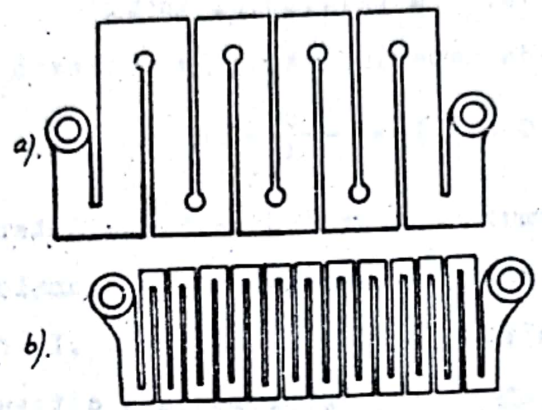


Fig.5-12

dacă ele se cufundă în ulei, nisip etc. sau dacă este folosită apa distilată, avînd dizolvat carbonat de sodiu în ea. Reostatele obţinute se numesc reostate cu apă.

5.10.4. Reostate

Reostatele pot fi : de pornire, de pornire şi reglaj, de excitaţie. Reostatele de pornire sînt pentru regim de scurtă durată (pînă la 30 s) , iar reostatele de pornire şi reglaj se fac pentru lungă durată. Se construiesc atît pentru curent continuu, cît şi pentru curent alternativ trifazat. Reostatele industriale sînt formate din rezistoare asociate cu controlere plane.

In fig.5-13 este dată schema electrică a unui reostat de pornire pentru motoare derivaţie de curent continuu cu comutator plan. Reostatul conţine rezistenţa de pornire formată, în cazul dat, din 4 trepte de rezistoare înseriate cu rotorul motorului. Excitaţia motorului este cuplată la tensiunea de alimentare. Cuplarea şi decuplarea motorului este efectuată cu un contactor

(MC 8o) a cărui bobină poate avea în serie şi o rezistenţă economizoare . Conexiunile reostatului sînt astfel făcute încît

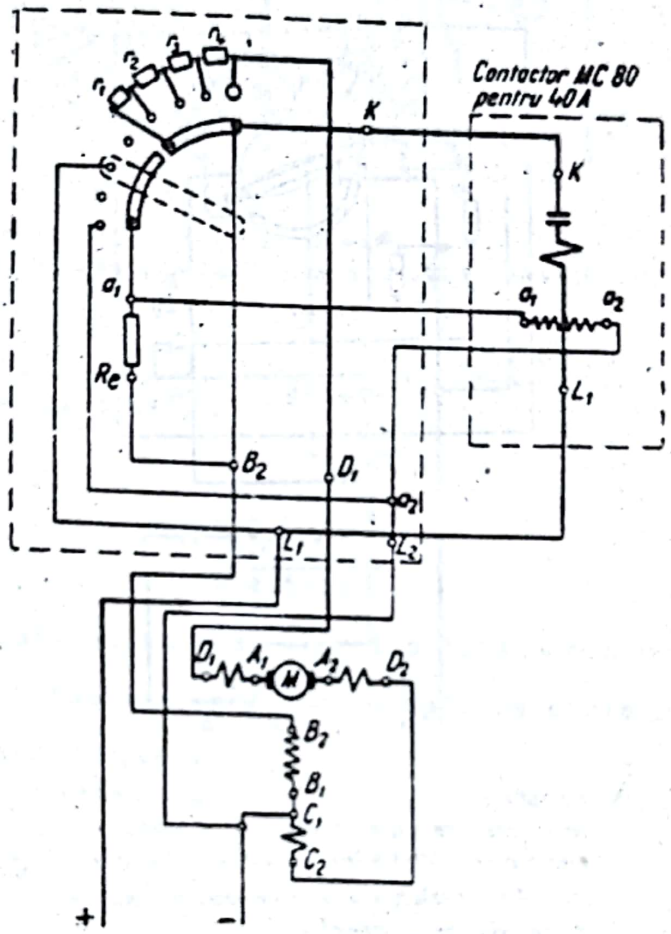
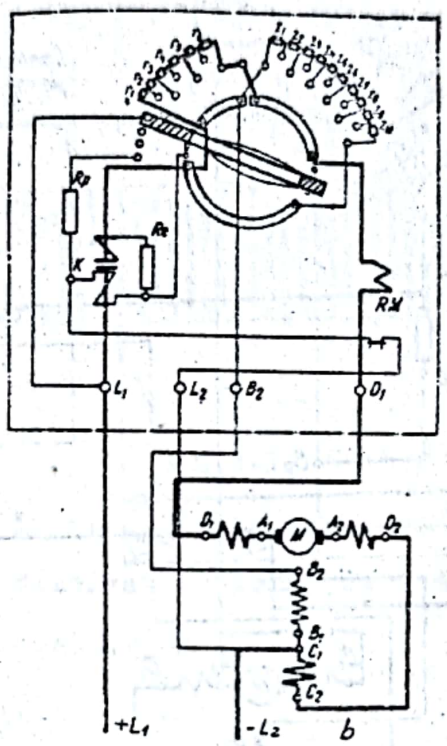


Fig.5-13

pornirea se obţine cu rezistenţa de pornire în întregime în circuitul rotorului şi excitaţia cuplată la reţea direct. Prin deplasarea manetei se obţine scurtcircuitarea treptelor reostatului. Unele scheme pot avea releu maximal de curent.

In fig.5-14 este dată schema unui reostat pentru pornirea şi reglajul motoarelor de curent continuu derivaţie. Această

schemă are contactorul înglobat în reostat şi un releu maximal de curent .Reostatul are două grupuri de rezistenţe : pentru pornire şi pentru reglare .Reostatul face ca pe timpul pornirii excitaţia să fie cuplată direct la reţea , iar mai apoi permite introducerea de rezistenţe în excitaţie pînă la 10 trepte în cazul figurii.



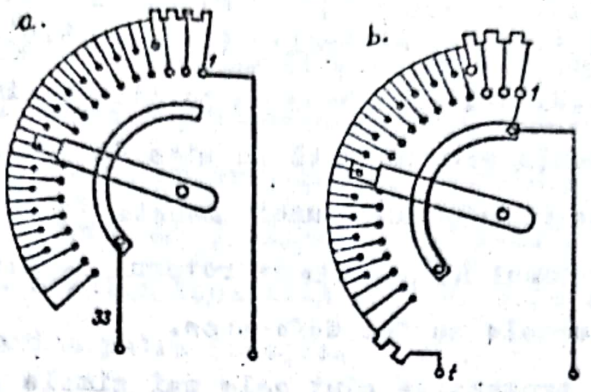
Reostate de pornire şi reglare pentru motoare de curent continuu (schema electrică) : RM- releu maximal ; K-contactor ; Re - rezistenţă economizoare ; Rp-rezistenţă de protecţie .

Fig.5-14

In timpul reglajului rezistenţa de pornire este scurtcircuitată .

Pentru circuitele de excitaţie ale maşinilor electrice de curent continuu (motoare, generatoare, excitatrice) se construiesc reostate de excitaţie care se înseriază cu înfăşurarea de excitaţie şi a căror scheme electrice pot fi ca cele din fig. 5-15.

Variantele arătate erau cu comutator (sau controler)plan,



Observații:
Schema de montaj este văzută din spatele plăcii cu ploturi
a.

Observații
Schema de montaj este văzută din spatele plăcii cu ploturi.
b.

a - Schema electrică pentru tip RE 580 - 3,1 b. - Schema electrică pentru tip RE 580 - 13,5 R

Fig.5-15

dar pot fi realizate și cu controler tip tobă acolo unde sînt necesare manevrări foarte dese. Pentru motoare serie reostatele de pornire sînt mai simple .

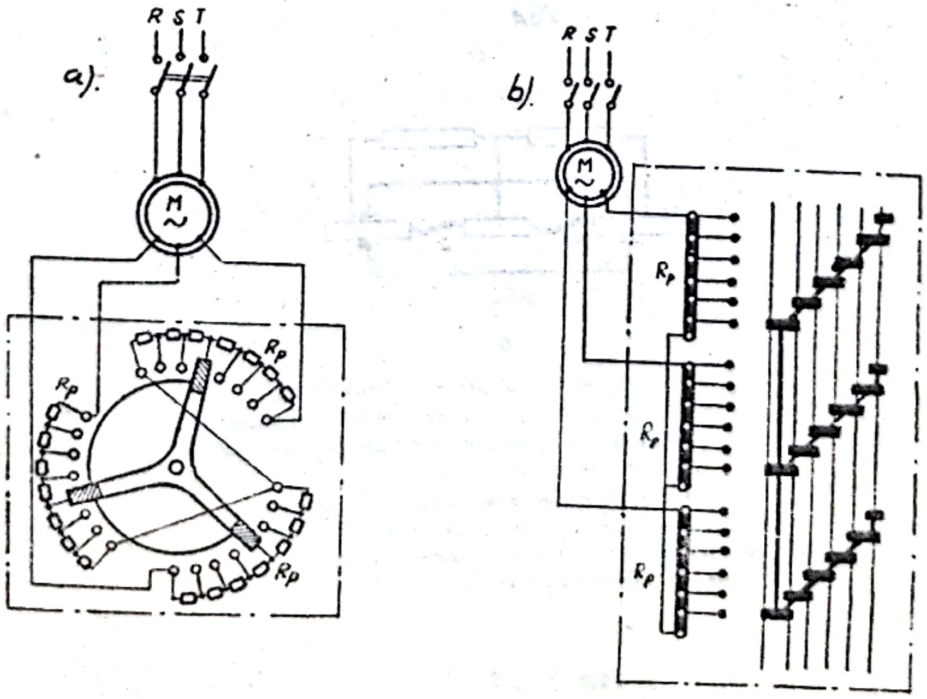


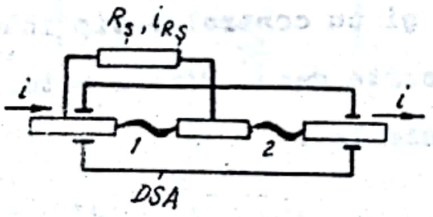
Fig.5-16

In fig.5-16 sînt date schemele reostatelor de pornire pentru motoare asincrone trifazate , tipul cu comutator plan (fig.5-16,a) şi tipul cu controler (fig.5-16,b).Ambele scheme sînt simetrice .Există şi scheme cu pornire nesimetrică.Se observă că rezistenţa este montată în stea în rotor si scurtcircuitarea se face prin rotirea unei manete cu trei braţe legată electric.Sistemul nu permite ca rotorul să fie întrerupt în cazul cînd contactele se fac defectuos.

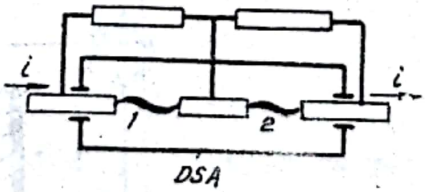
Schemele prezentate sînt cele mai simple .Practic se pot ivi şi cazuri mai complicate care permit realizarea unor blocări sau protecţii .

5.1e.5. Rezistoare de şuntare

Rezistoarele de şuntare se folosesc la întreruptoare de înaltă tensiune cu rupere multiplă pentru a uşura stingerea arcului electric prin:



a



b

Scheme de principiu pentru conectarea rezistenţelor de şuntare a intervalelor de rupere ale dispozitivelor de stingere a arcului din întreruptoare:
a - schema de conectare a rezistenţelor de şuntare de valoare mare şi medie; b - schema de conectare a rezistenţelor de şuntare de valoare mică; 1 şi 2 - intervalele de rupere ale întreruptoarelor.

Fig.5-17

1. limitarea valorii şi vitezei tensiunii de restabilire;
2. limitarea curentului de scurtcircuit;
3. evitarea reaprinderii arcului şi supratensiunilor;
4. egalizarea supratensiunilor pe punctele de întrerupere.

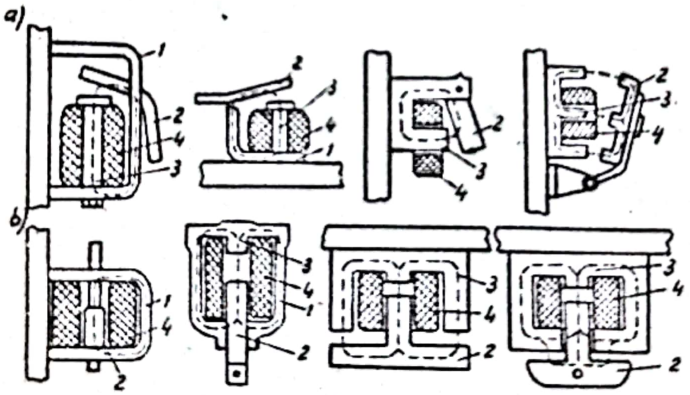
Pot fi liniare sau neliniare .Se fac de valori mici (2-1o^3 Ω), mijlocii (1oo - 8ooo Ω) şi mari (1o^4 - 1o^6 Ω) .Cele mici îndeplinesc în special funcţiile 1 şi 2, cele medii a treia funcţie şi cele mari a patra funcţie.

6. ELECTROMAGNEŢI

6.1. Generalităţi

E l e c t r o m a g n e t u l este un corp sau un ansamblu de corpuri din materiale cu permiabilitate magnetică mare, a cărui magnetizare se datorează unor curenţi electrici care parcurg înfăşurări aşezate pe miez.

Conform C.E.I. (Comisia Electrotehnică Internaţională) electromagnetul este un magnet excitat de un curent. Deci, electromagnetul este un magnet temporar a cărui magnetizare depinde de prezenţa curentului în circuitul de excitaţie.



Electromagneţi: a - cu mişcare de rotaţie; b - cu mişcare de translaţie; 1 - jug; 2 - armătură mobilă; 3 - miez; 4 - bobină.

Fig.6-1

In fig.6-1 sînt date cîteva exemple de electromagneţi la

care se disting : armătura fixă (1), armătura mobilă (2),miezul (3)şi bobina (4).

Electromagneţii se construiesc într-un număr foarte mare de variante. Pot avea armătura cu mişcare de rotaţie (fig.6-1,a) sau de translaţie (fig.6-1,b) . Se fac pentru curent continuu sau alternativ şi bobina poate fi de tensiune sau curent.

Electromagneţii sînt aparate electrice care transformă energia electrică în energie mecanică , dînd naştere unei forţe sau cuplu ce poate avea multe întrebuinţări:la aparate de comutare , de protecţie , la ridicat şi transportat , la maşini unelte,în acţionări şi automatizări ; etc.

Forţa pe care o poate dezvolta electromagnetul la întrefier maxim se numeşte forţă iniţială , iar la întrefier minim, forţă portantă sau forţă de atracţie finală.

Drumul străbătut de armătura electromagnetului reprezintă cursa electromagnetului , iar porţiunea din circuit cuprinsă între corpurile feromagnetice se numeşte întrefier.

6.2. Forţa de atracţie. Caracteristica statică.

F o r ţ a d e a t r a c ţ i e a unui electromagnet poate fi calculată pe două căi.

1. Formula lui Maxwell :

$$\vec{F} = \frac{1}{\mu_0} \oint_S \left[\vec{B}.\vec{n} - \frac{1}{2} B^2 \vec{n} \right] ds,$$

unde $\vec{B}$ este inducţia magnetică pe partea exterioară suprafeţei ds ; $\vec{n}$ - versorul normalei la ds.

Cînd inducţia este normală la suprafaţa s în toate punctele avem:

$$\vec{F} = -\frac{1}{2\mu_0} \oint_S B^2.\vec{n}\ ds.$$

Formulele se pot aplica dacă $\mu \gg \mu_0$ şi dacă este cunoscută repartiţia inducţiei pe suprafaţa armăturii.

2. Formula pe baza bilanţului energetic al electromagnetului ;

$$F = -\left(\frac{\partial W}{\partial \delta}\right)_{\phi=ct.} \quad \text{sau} \quad M = -\left(\frac{\partial W}{\partial \alpha}\right)_{\phi=ct.}$$

La electromagneţii cu mişcare de translaţie se are în vedere forţa de atracţie , iar la electromagneţii de rotaţie cuplul de rotaţie,care se deduce uşor dacă se cunoaşte forţa.

Pentru calculul forţei de atracţie electromagneţii se împart în două categorii.

E l e c t r o m a g n e ţ i cu f o r ţ ă m a g n e t o m o t o a r e c o n s t a n t ă ($\mathcal{F} = N I = Ct.$). Această categorie cuprinde toţi electromagneţii de curent continuu($I = \frac{U[ct]}{R[ct]} = ct.$) şi electromagneţii de curent alternativ serie monofazaţi.

Energia magnetică a întrefierului este :

$$W = \frac{1}{2} \phi_\delta \cdot \mathcal{F}_\delta ,$$

dar cum $\phi_\delta = \mathcal{F}_\delta \cdot \Lambda_\delta$, expresiile forţei şi cuplului vor fi :

$$F = -\frac{1}{2} \mathcal{F}_\delta^2 \frac{\partial \Lambda_\delta}{\partial \delta} ; \quad M = -\frac{1}{2} \mathcal{F}_\delta^2 \cdot \frac{\partial \Lambda_\delta}{\partial \alpha} .$$

Semnul minus simbolizează că forţa sau momentul cresc cînd δ sau α descresc.

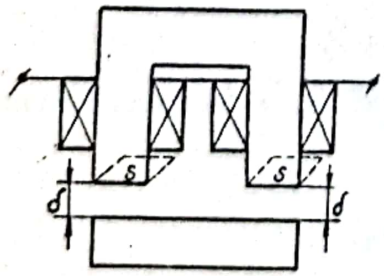


Fig.6-2

Pentru un electromagnet în U (fig.6-2) permeanţa şi derivata ei vor fi :

$$\Lambda_\delta = \frac{\mu_0 S}{2\delta} , \quad \frac{\partial \Lambda_\delta}{\partial \delta} = -\frac{1}{2} \frac{\mu_0 S}{\delta^2} ,$$

de unde :

$$F = -\frac{1}{2} \mathcal{F}_\delta^2 \cdot \left(-\frac{1}{2} \frac{\mu_0 S}{\delta^2}\right).$$

Inlocuind pe rînd $\mathcal{F}_\delta = NI$ şi $B_\delta = \mu_0 \frac{NI}{2\delta}$, vom obţine :

$$F = \frac{\mu_0 (NI)^2 S}{4\delta^2} \; ; \; F = \frac{B_\delta^2 \, S}{\mu_0} \quad \text{sau} \quad F = \frac{\phi^2}{\mu_0 S} .$$

Aceste relaţii indică ce mărimi trebuie modificate pentru a schimba valoarea forţei de atracţie.

E l e c t r o m a g n e ţ i c u f l u x c o n s t a n t ($\phi = ct$). Această categorie cuprinde numai electromagneţi de curent alternativ monofazaţi derivaţie. La aceştia tensiunea de alimentare fiind constantă şi fluxul va fi constant în valoare eficace ($U \approx E = N\omega\phi$).

Considerînd tot un electromagnet în U, folosind relaţia lui Maxwell, vom avea :

$$\vec{F} = \frac{1}{2\mu_0} \oint_S (B_\delta^2 \; \vec{n}) \, ds \quad \text{sau} \quad F = \frac{B_\delta^2}{2\mu_0} \oint_S ds = \frac{B_\delta^2 \cdot 2S}{2\mu_0}$$

sau

$$F = \frac{B_\delta^2 \, S}{\mu_0} .$$

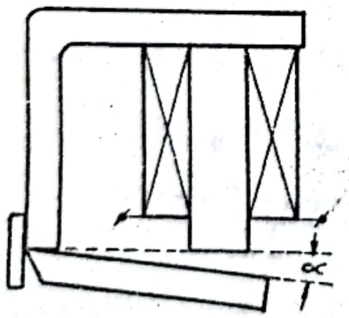


Fig.6-3

Dacă electromagnetul este, o clapetă , există numai un pol activ şi forţa de aplicaţie va fi :

$$F = \frac{B_\delta^2 \, S}{2\mu_0} \quad \text{sau} \quad F = \frac{\phi^2}{2\mu_0 S} .$$

E l e c t r o m a g n e ţ i m o n o f a z a ţ i . In curent alternativ sinusoidal fluxul magnetic variază şi el sinusoidal:

$$\phi = \phi_m \cdot \sin \omega t .$$

Forţa de atracţie în acest caz va fi :

$$F = \frac{\phi^2}{2\mu_0 S} = \frac{\phi_m^2 \sin^2 \omega t}{2\mu_0 S},$$

notînd $\phi_m^2 / 2\mu_0 S = F_m$, vom obține :

$$F = F_m \sin^2 \omega t = \frac{F_m}{2}(1 - \cos 2\omega t).$$

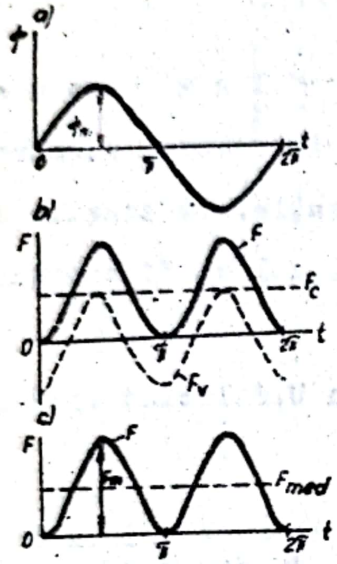


Fig.6-4

Forța de atracție F este pulsatorie în timp cu o frecvență dublă față de curent (fig.6-4), trece prin zero, dar nu-și schimbă sensul. Poate fi considerată ca avînd două componente : una constantă ($F_c = F_m/2$) și alta variabilă ($F_v = \frac{F_m}{2}\cos 2\omega t$).

Valoarea medie a forței pe o semiperioadă este :

$$F_{med} = \frac{1}{T}\int_0^T F\,dt = \frac{F_m}{2}.$$

Neajunsul principal al forței pulsatorii este vibrația armăturii electromagnetului.

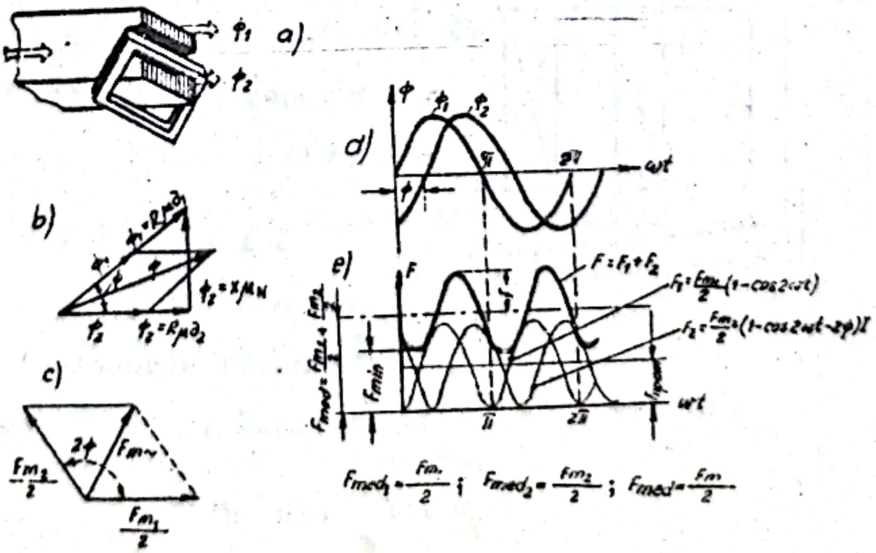


Fig.6-5

Spira în scurtcircuit: a - schița polului electromagnetului cu spira în scurtcircuit; b - diagrama vectorială a fluxurilor; c - diagrama vectorială a forțelor; d - curbele de variație în timp a fluxurilor; e - curbele de variație a forțelor în timp.

Micşorarea vibraţiilor poate fi obţinută pe două căi:

1. <u>Spira în scurtcircuit</u>. Prin montarea unei spire în scurtcircuit ca în fig.6-5 ,a se poate obţine reducerea vibraţiilor , deoarece datorită spirei apar două fluxuri Φ_1 şi Φ_2 decalate cu un unghi ψ care produc două forţe F_1 şi F_2 a căror rezultantă nu se anulează niciodată :

$$F_1 = F_{m1} \sin^2 \omega t = \frac{F_{m1}}{2} - \frac{F_{m1}}{2} \cos 2\omega t,$$

$$F_2 = F_{m2} \sin^2(\omega t - \psi) = \frac{F_{m2}}{2} - \frac{F_{m2}}{2} \cos(2\omega t - 2\psi).$$

Rezultanta va fi :

$$F = \underbrace{\frac{F_{m1}}{2} + \frac{F_{m2}}{2}}_{\text{const.}} - \underbrace{\left[\frac{F_{m1}}{2} \cos 2\omega t + \frac{F_{m2}}{2} \cos(2\omega t - 2\psi)\right]}_{\text{variabil}}.$$

Dacă reprezentăm cu vectori $\frac{F_{m1}}{2} \cos 2\omega t$ şi $\frac{F_{m2}}{2} \cos(2\omega t - 2\psi)$, amplitudinea părţii variabile va fi :

$$F_{m\sim} = \sqrt{\frac{F_{m1}^2}{2} + \frac{F_{m2}^2}{2} + 2 \frac{F_{m1}}{2} \frac{F_{m2}}{2} \cos 2\psi} .$$

Vibraţiile vor fi minime dacă are loc inegalitatea:

$$F_{min} = F_{med} - F_{max} > F_{antagonistă} .$$

Cu cît F_{min} va fi mai mic , cu atît şi vibraţiile se vor micşora .

$F_{m\sim}$ este nulă pentru $F_{m1} = F_{m2}$ şi $\psi = 90^\circ$. Practic ψ poate fi $50^\circ - 80^\circ$. Această valoare are loc însă cînd $\delta \to 0$. $\psi \to 0$ cînd întrefierul creşte . Practic rezultă că un întrefier destul de mic poate anula efectul spirei în scurtcircuit. De aceea suprafeţele polare trebuie să fie cît mai plane şi să se suprapună cît mai corect. Spira cuprinde cam $\frac{2}{3}$ din supra-

faţa polară. Alt neajuns al spirei îl constituie pierderile suplimentare în ea , care produc încălzirea locală suplimentară.

2. Două înfăşurări. Folosind două înfăşurări montate pe două miezuri magnetice în paralel (fig.6-6), din care o înfăşurare are o capacitate în serie, se obţine un efect similar spirei în scurtcircuit.

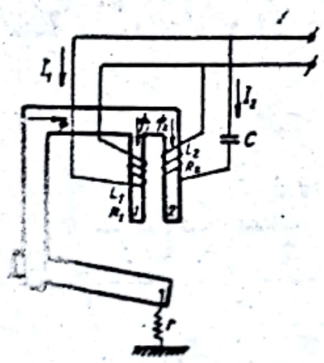


Fig.6-6

E l e c t r o m a g n e ţ i t r i f a z a ţ i . In acest caz forţele de atracţie pe fiecare fază vor fi (fig.6-7):

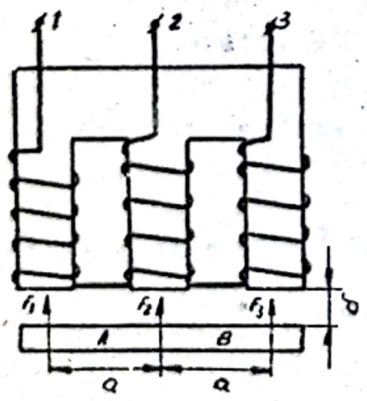


Fig.6-7

$$F_1 = F_m \sin^2 \omega t;$$

$$F_2 = F_m \sin^2 (\omega t - 120^\circ);$$

$$F_3 = F_m \sin^2 (\omega t - 240^\circ);$$

pentru $I_1=I_2=I_3=I_m$. Forţa rezultantă va fi :

$$F = F_1+F_2+F_3 = \frac{3}{2} Fm = ct.$$

Ar rezulta că nu-s vibraţii deoarece F = ct. Vibraţiile apar în acest caz datorită faptului

că punctul de aplicaţie al forţei variază între punctele A şi B. Reducerea vibraţiilor se obţine prin scurtarea miezului mijlociu cu cîteva zecimi de milimetru , ca armătura să aibă numai două puncte de sprijin (1 şi 3).

C a r a c t e r i s t i c a s t a t i c ă .Dacă pentru electromagneţii de reţinere are importanţă numai forţa sau momentul de atracţie, pentru electromagneţii de atracţie interesează şi modul cum depind acestea de poziţia armăturii, $F = f(\delta)$ sau $M = f(\alpha)$, adică caracteristica statică. Se numeşte "statică" deoarece se consideră că armătura nu se mişcă în timpul măsurării ($I = ct$) .Electromagneţii au de învins o forţă sau un cuplu rezistent variabile şi ele cu poziţia armăturii.

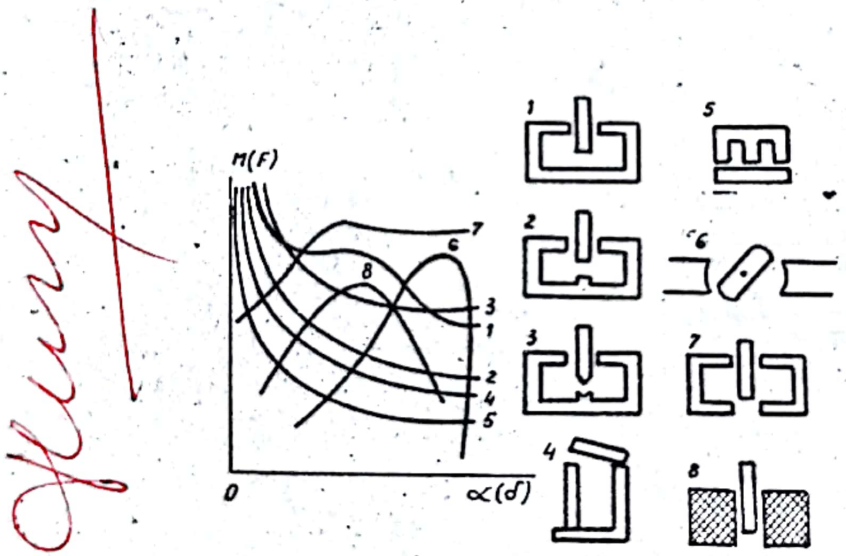


Fig.6-8

Pe fig.6-8 sînt reprezentate caracteristicile statice ale cîtorva tipuri de electromagneţi . Forma acestor curbe este strîns legată de forma şi caracteristicile circuitului magnetic. De aceea în exploatare este absolut necesar ca înlocuirea unui electromagnet să fie făcută numai cu unul similar sau atunci cînd circuitul magnetic este bun să se prefere rebobinarea în-

făşurării.

6.3. Regimul dinamic al electromagnetului de curent continuu

In timpul mişcării armăturii unui electromagnet inductanţa L a bobinei variază în timp şi ecuaţia circuitului este :

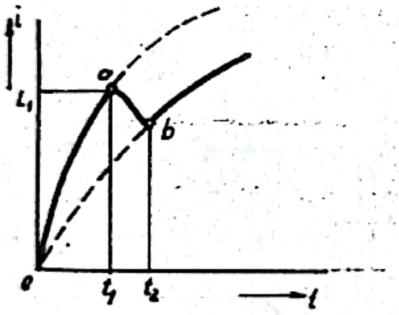
(6- 1) $$U = Ri + \frac{d\Phi}{dt} = Ri + L\frac{di}{dt} + i\frac{dL}{dt}.$$

In regimul tranzitoriu al electromagnetului din momentul cuplării distingem trei etape :

1. Forţa de atracţie F este mai mică decît forţa rezistentă $F_r (F < F_r)$, armătura stă imobilă, deci $\frac{dL}{dt} = 0$ şi curentul variază după legea

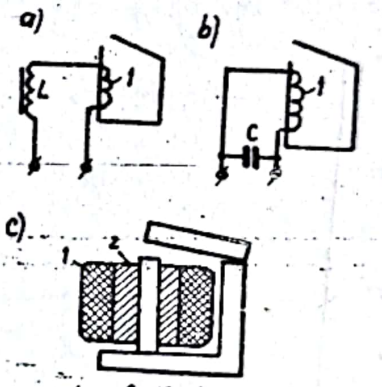
$$i = \frac{U}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right),$$

soluţie a ecuaţiei (6 - 1) în intervalul de timp $0 - t_1$ (fig.6-9);



Reacţia armăturii mobile: $i = f(t)$

Fig.6-9



Scheme pentru întîrzierea funcţionării electromagnetului: 1- bobina; 2 - spiră în scurtcircuit; L - inductanţă; C - capacitate.

Fig.6-10

2. $F \geqslant F_r$ şi armatura se deplasează ; $\frac{dL}{dt} \neq 0$ şi curentul scade după curba a b în intervalul de timp $t_1 - t_2$;

3. Incetează mişcarea armăturii, din nou $\frac{dL}{dt} = 0$, şi curentul variază după o nouă lege exponenţială, tinzînd spre valoarea de regim permanent.

In practică apare deseori necesitatea de a modifica durata de acţionare a electromagnetului. Iată cîteva procedee.

Mărirea duratei de acţionare poate fi obţinută prin mărirea constantei de timp $T = \frac{L}{R}$, prin folosirea unei

inductanţe suplimentară L(fig.6.1o,a),a unei capacităţi C (fig.6-1o,b)sau a unei spire în scurtcircuit 2(fig.6-1o,c).Spira în scurtcircuit întîrzie în special decuplarea.

Micşorarea duratei de acţionare poate fi obţinută prin micşorarea constantei de timp a circuitului,montînd în serie cu bobina o rezistenţă R' (fig.6-11), folosind un contact K de scurtcircuitare a rezistenţei R' pe care-l autodeschide electromagnetul cînd armătura se apropie de poziţia finală sau punînd în paralel o capacitate C (fig.6-11) care iniţial scurtcircuitează automat rezistenţa etc. In ultima vreme a căpătat răspîndire folosirea rezistenţelor neliniare.

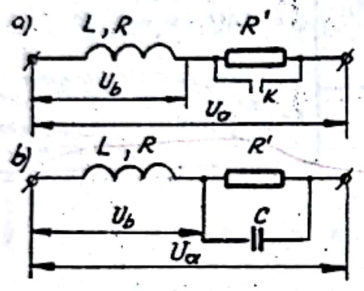


Fig.6-11

6.4. Dimensionarea electromagneţilor.

Dimensionarea circuitului magnetic este dificilă şi rezultatele obţinute nu sînt satisfăcătoare .In exploatarea instalaţiilor electroenergetice aproape totdeauna apare probleme dimensionării înfăşurării unui electromagnet pentru un circuit magnetic existent sau recalcularea pentru alte condiţii.

C a l c u l u l b o b i n e i u n u i e l e c t r o m a g n e t d e c u r e n t c o n t i n u u . Sînt date tensiunea de alimentare U şi forţa magnetomotoare utilă (NI) . Secţiunea necesară a conductorului se află din relaţia:

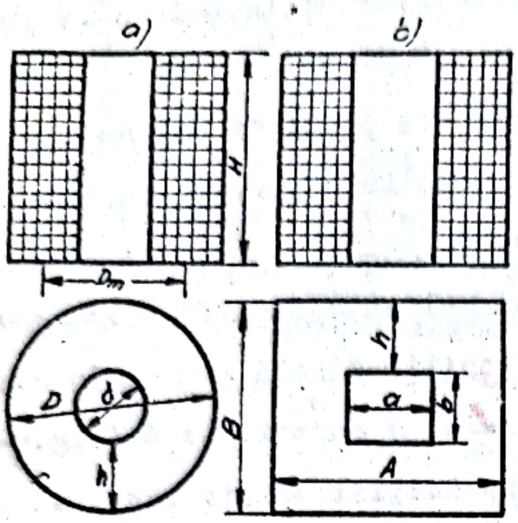
$$NI = \frac{U}{R} N = \frac{U_s N}{\rho \ell_m N \eta} = \frac{U_s}{\rho \ell_m} \quad \text{sau} \quad s = \frac{(NI)\,\rho\,\ell_m}{U},$$

unde ρ este rezistivitatea ;

R - rezistenţa înfăşurării ;

$\ell_m = \pi \frac{D+d}{2}$ - lungimea medie a spirei (fig.6-12).

Se alege secţiunea standardizată pentru conductor.



c)

	Bob rotundă	Bob. prismatică
Diametrul mediu sau dimensiunile medii	$D_m = \frac{D+d}{2}$	$A_m = \frac{A+a}{2}$; $B_m = \frac{B+b}{2}$
Lungimea medie	$l_m = \pi D_m = \pi \frac{D+d}{2}$	$l_m = 2(a+b+h)$
Grosimea bobinajului	$h = \frac{D-d}{2}$	$h = \frac{A-a}{2} = \frac{B-b}{2}$
Secţiunea ferestrei	$S_f = \frac{D-d}{2} H$	$S_f = h \cdot H$
Coeficientul de umplere K_u	$K_u = \frac{\pi d_i^2}{4 d_i^2} \simeq 0{,}785$ la bobinaj în rînduri $K_u \simeq 0{,}85$ - bobinaj în şah. $K_u = 0{,}785 K$ - bobinaj nereglat, unde: $K = 0{,}657$ ptr. cond. bumbac ϕ 0,1 - 0,35 $K = \frac{d_i^2}{\alpha d - \beta}$; $\alpha = 1{,}25$; $\beta = 0{,}003 - 0{,}006$ ptr. cond. email.	

b=13
l=30
A=50
H=25
B=30

Fig.6-12

Se calculează secţiunea ferestrei, se adoptă coeficientul de umplere K_u funcţie de bobinájul ales şi se calculează numărul de spire :

$$N = K_u \frac{S_F}{s} .$$

Se calculează rezistenţa înfăşurării şi puterea degajată în ea :

$$R = \rho \frac{l_m N}{s} \quad ; \quad P = \frac{U^2}{R} .$$

Se determină cantitatea de conductor necesară :

$$M = s \, l_m \, N \, \gamma ,$$

unde γ este masa specifică a cuprului .

Se calculează suprafaţa laterală a bobinei S_l şi se face raportul $\sigma = S_l / P$ care trebuie să respecte inegalităţile :

$\sigma_o \geqslant 8$ cm^2/W, dacă H/D < 1; $\sigma_o \geqslant 10$ cm^2/W, dacă H/D=1 şi

$\sigma_o \geq 12$ cm^2/W, dacă H/D > 1, pentru ca bobinajul să nu se încălzească peste limitele admisibile. Dacă $\sigma < \sigma_o$ trebuie să-l mărim, crescînd S_{Fe} și micșorînd P.

Dacă înfășurarea este serie, se determină ușor N:

$$N = \frac{(IN)}{I_n},$$

unde I_n este curentul nominal al bobinei; N - numărul de spire. Secțiunea se află imediat folosind următoarele densități de curent: 2 - 4 A/mm^2 - regim de lungă durată; 5- 12 A/mm^2 - regim intermitent; 13-3o A/mm^2 - scurtă durată. Restul calculelor se fac analog.

Calculul bobinei unui electromagnet de curent alternativ.

La un electromagnet monofazat avem:

$$U^2 = (IR)^2 + (4{,}44\, f\, N \Phi_m)^2.$$

Dacă considerăm IR = 0, atunci putem scrie $U = 4{,}44\, fNB_m S$. Pentru f=5o Hz, $B_m \approx 0{,}7 \div 1{,}1$ T, avem:

$$U = 4{,}44 \cdot 5o (o{,}7 \ldots 1{,}1) NS\, 1o^{-4} = (1{,}6\text{-}2{,}5) 1o^{-2}\, N.S.$$

Dacă U = 1 V, atunci avem N' - numărul de spire pe volt, adică

$$1 = (1{,}6\text{-}2{,}5) 1o^{-2} N'S \text{ sau } N' = \frac{N}{U} = \frac{1oo}{(1{,}6\text{-}2{,}5)} = \frac{4o \ldots 6o}{S} \text{ sau}$$

$$N' \approx \frac{5o}{S} \text{ spire/volt.}$$

Numărul total de spire va fi:

$$N = N' U.$$

Secțiunea conductorului rezultă din relația:

$$s = \frac{S K_u}{N}.$$

Restul calculul decurge analog ca la curent continuu.

Dacă U^2 diferă cu mai mult de 10% de $(IR)^2+(4,44Nf\Phi m)^2$, trebuie să variem numărul de spire pînă se îndeplineşte condiţia.

Recalcularea bobinelor electromagneţilor .

Se fac următoarele aproximări:

- Forţa magnetomotoare se menţine constantă la transformare:

$$I_1N_1 = I_2N_2 = ct;$$

- Pierderile în bobină rămîn aceleaşi:

$$p_1 = p_2 = ct;$$

- coeficientul de umplere K_u nu se modifică ;

$$sK_u = s_1N_1 = s_2N_2 = ct.$$

Mărimile relative la bobina dată poartă indicele "1" şi cei ai bobinei transformate indicele "2". Iată cîteva situaţii.

1. Recalcularea bobinei unui electromagnet de curent continuu de la o tensiune U_1 la altă tensiune U_2. Se consideră cunoscuţi parametrii bobinei date (s_1, d_1, N_1 etc).

Din raportul tensiunilor deducem secţiunea conductorului (s_2).

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{R_2 \cdot I_2}{R_1 I_1} = \frac{\rho \frac{\ell_m N_2}{s_2}}{\rho \frac{\ell_m N_1}{s_1}} \cdot \frac{I_2}{I_1} = \frac{s_1(N_2I_2)}{s_2(N_1I_1)} \quad \text{sau}$$

$$s_2 = s_1 \frac{U_1}{U_2} .$$

Diametrul conductorului rezultă înlocuind

$$s_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} \quad \text{şi} \quad s_2 = \frac{\pi d_1^2}{4} :$$

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{U_1}{U_2}} .$$

Din condiţia $s_1N_1 = s_2N_2$ se află numărul de spire:

$$N_2 = N_1 \frac{U_2}{U_1} \cdot \frac{24}{220}$$

14000

2. Recalcularea bobinei unui electromagnet de curent continuu de la o durată de conectare $DC_1\%$ la altă durată de conectare $DC_2\%$.

La transformare tensiunea şi pierderile rămîn aceleaşi:

$$U = R_1I_1 = R_2I_2 ;$$

$P_1 = P_2$ sau $R_1I_1^2 DC_1 = R_2I_2^2 DC_2$ care poate fi scrisă astfel:

$$\frac{1}{R_1}(R_1I_1)^2DC_1 = (R_2I_2)^2DC_2 \frac{1}{R_2}, \quad \frac{R_2}{R_1} = \frac{DC_2}{DC_1} .$$

Ţinînd seama că :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{N_2s_1}{N_1s_2} \text{ şi } N_1s_1 = N_2s_2, \text{se obţine :}$$

$$\frac{N_2s_1}{N_1s_2} = \frac{DC_2}{DC_1}, \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 = \frac{DC_2}{DC_1} \text{ sau } \left(\frac{s_1}{s_2}\right)^2 = \frac{DC_2}{DC_1} ,$$

de unde rezultă :

$$s_2 = s_1\sqrt{\frac{DC_1}{DC_2}}, \quad d_2 = d_1\sqrt[4]{\frac{DC_1}{DC_2}} \text{ şi } N_2 = N_1\sqrt{\frac{DC_2}{DC_1}} .$$

3. Recalcularea bobinei unui electromagnet de curent alternativ de la o tensiune U_1 la altă tensiune U_2. Se ţine seama că forţa electromotoare pe spiră (e) rămîne aceeaşi.

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{eN_2}{eN_1} ; \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \text{ sau } N_2 = N_1\frac{U_2}{U_1} .$$

Avînd în vedere relaţia $s_1N_1 = s_2N_2$, se află :

$$s_2 = s_1\frac{U_1}{U_2} \text{ şi } d_2 = d_1\sqrt{\frac{U_1}{U_2}} .$$

4. Recalcularea bobinei unui electromagnet de curent

Din condiţia $s_1N_1 = s_2N_2$ se află numărul de spire:

$$N_2 = N_1 \frac{U_2}{U_1} .$$

2. Recalcularea bobinei unui electromagnet de curent continuu de la o durată de conectare $DC_1\%$ la altă durată de conectare $DC_2\%$.

La transformare tensiunea şi pierderile rămîn aceleaşi:

$$U = R_1I_1 = R_2I_2 ;$$

$P_1 = P_2$ sau $R_1I_1^2 DC_1 = R_2I_2^2 DC_2$ care poate fi scrisă astfel:

$$\frac{1}{R_1}(R_1I_1)^2DC_1 = (R_2I_2)^2DC_2 \frac{1}{R_2} , \quad \frac{R_2}{R_1} = \frac{DC_2}{DC_1} .$$

Ţinînd seama că :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{N_2s_1}{N_1s_2} \text{ şi } N_1s_1 = N_2s_2 \text{, se obţine :}$$

$$\frac{N_2s_1}{N_1s_2} = \frac{DC_2}{DC_1} , \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 = \frac{DC_2}{DC_1} \text{ sau } \left(\frac{s_1}{s_2}\right)^2 = \frac{DC_2}{DC_1} ,$$

de unde rezultă :

$$s_2 = s_1\sqrt{\frac{DC_1}{DC_2}} , \quad d_2 = d_1\sqrt[4]{\frac{DC_1}{DC_2}} \text{ şi } N_2 = N_1\sqrt{\frac{DC_2}{DC_1}} .$$

3. Recalcularea bobinei unui electromagnet de curent alternativ de la o tensiune U_1 la altă tensiune U_2. Se ţine seama că forţa electromotoare pe spiră (e) rămîne aceeaşi.

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{eN_2}{eN_1} ; \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \text{ sau } N_2 = N_1\frac{U_2}{U_1} .$$

Avînd în vedere relaţia $s_1N_1 = s_2N_2$, se află :

$$s_2 = s_1\frac{U_1}{U_2} \text{ şi } d_2 = d_1\sqrt{\frac{U_1}{U_2}} .$$

4. Recalcularea bobinei unui electromagnet de curent

alternativ pentru altă durată de conectare. Tensiunea rămînînd aceeaşi, se menţine şi acelaşi număr de spire:

$$N_2 = N_1 .$$

Dar $N_1 I_1 = N_2 I_2$ şi deci $I_1 = I_2$. Pierderile rămîn aceleaşi:

$$P_1 = P_2;\ R_1 I_1^2 DC_1 = R_2 I_2^2 DC_2 ;\quad R_1 DC_1 = R_2 \cdot DC_2,\quad \frac{R_2}{R_1} = \frac{DC_1}{DC_2} .$$

Deoarece

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{N_2 s_1}{N_1 s_2} = \frac{s_1}{s_2},\ \text{rezultă}\quad \frac{s_1}{s_2} = \frac{DC_1}{DC_2}\quad \text{din care}$$

se obţine :

$$s_2 = s_1 \frac{DC_2}{DC_1} ;\quad d_2 = d_1 \sqrt{\frac{DC_2}{DC_1}} .$$

Pentru toate cazurile restul de date se obţin prin calcule simple ca şi la dimensionarea obişnuită .

6.5. <u>Comparaţie între electromagneţii de curent continuu şi de curent alternativ</u>

Iată cîteva concluzii rezultate din compararea electromagneţilor de curent continuu cu cei de curent alternativ .

1. La electromagnetul de curent alternativ forţa medie este de două ori mai mică decît la electromagnetul de curent continuu, la aceeaşi suprafaţă polară şi aceeaşi inducţie .

2. La aceeaşi forţă portantă şi cursă,la electromagnetul de curent alternativ se foloseşte aproape o cantitate dublă de material feromagnetic pentru circuit şi mai mult cupru.

3. Electromagneţii de curent alternativ sînt cu acţionare rapidă şi au miezul confecţionat din tole sau prevăzut cu mijloace de reducere a curenţilor turbionari faţă de cei de curent continuu la care circuitul magnetic este masiv.Pot fi din tole şi electromagneţii de curent continuu la care se urmăreşte o acţionare rapidă . Există electromagneţi de curent alternativ la care cir-

cuitul magnetic are grosimea practic a unei tole şi la care nu mai prezintă importanţă reducerea curenţilor turbionari.

4. Electromagneţii monofazaţi , cu excepţia celor pentru regim de scurtă durată , au în zona întrefierului spire în scurt-circuit pentru reducerea vibraţiilor. Existenţa acestei spire ne dă certitudinea că electromagnetul este de curent alternativ. La electromagneţii de curent continuu poate exista o foiţă de material nemagnetic pentru a evita reţinerea armăturii de către magnetismul remanent.

5. In curent continuu bobina se aşează strîns pe miez (nu există pierderi în fier) , pe cînd la curent alternativ se lasă spaţiu de răcire.

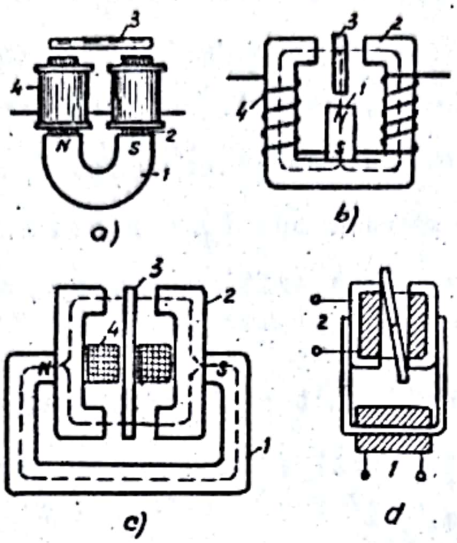
6. La electromagneţii de curent continuu curentul în bobină nu depinde de poziţia armăturii, pe cînd la electromagneţi de curent alternativ derivaţie depinde de valoarea întrefierului. Acest lucru are o deosebită importanţă practică. Faptul că la electromagneţii monofazaţi curentul în bobină poate fi de zeci de ori mai mare în poziţia deschis duce la pericolul ca atunci cînd electromagnetul rămîne blocat în poziţia deschis sau chiar în altă poziţie cu un întrefier oarecare , să se ardă bobina. In exploatare este necesar să se ia măsuri severe pentru a evita orice blocări şi să existe permanent rezerve de bobine sa posibilităţi rapide de rebobinare.

7. Un alt element semnificativ la electromagneţii de curent alternativ este că spirele sînt străbătute de flux variabil. Ajunge uneori doar o spiră să fie scurtcircuitată pentru ca bobina să fie compromisă. In curent continuu o spiră scurtcircuitată nu poate atrage distrugerea bobinei.

6.6. Electromagneţi polarizaţi

In fig.6-13 sînt arătate cîteva tipuri de electromagneţi

polarizaţi. Electromagneţii cu două surse independente de forţă



Tipuri de electromagneti polarizati a. - cu circuit magnetic în serie; b - cu circuit magnetic diferential; c - cu circuit magnetic în punte; d - cu cîmp pabrizant produs de electromagnet. 1 - magnet permanent sau electromagnet în cazul „d"; 2 - miez; 3 - armătură mobilă; 4 - bobinaj.

Fig.6-13

magnetomotoare se numesc electromagneţi polarizaţi .Una din surse poate fi un magnet permanent sau un electromagnet care dă cîmpul de polarizare.Au unele particularităţi care le fac utile:

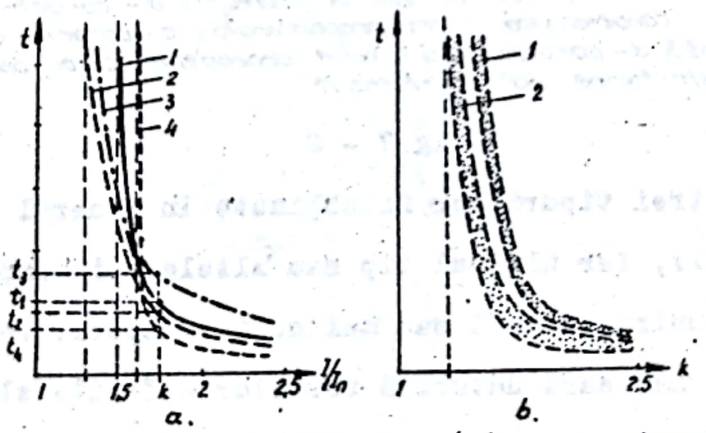
- sensibilitate mare şi consum de putere redus (o,oo5 - o,el W);
- suportă curenţi mari de scurtcircuit ($I_{sc} \approx 2o\ I_n$;
- durată de acţionare redusă (o,oo2 s);
- pot fi sensibili şi la sensul curentului .

7. APARATE ELECTRICE DE PROTECTIE

7.1. Generalităţi

Aparatele de protecţie servesc la protecţia maşinilor şi reţelelor electrice împotriva suprasarcinilor, scurtcircuitelor sau lipsei de tensiune. Aceste aparate, folosite direct sau înglobate în alte aparate, sînt destinate să evite solicitările termice şi electrodinamice periculoase ale circuitelor pe care le deservesc cu toate elementele care le cuprind.

Caracteristica termică a unui obiect din instalaţia electrică este curba t = f(I), adică dependenţa dintre timpul în cursul căruia temperatura atinge cel mai repede valoarea limită admisibilă şi valoarea supracurentului (curba 1, fig. 7-1).

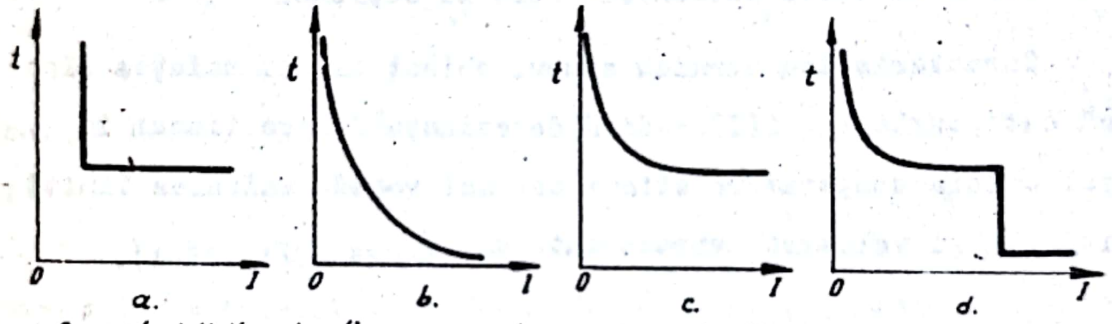


Compararea caracteristicilor de protecţie a unor siguranţe fuzibile cu caracteristica termică a unui element de instalaţie: a.- caracteristicile de protecţie (topire) şi termică, medii; b - dispersia punctelor caracteristicilor; 1- caracteristica termică a obiectului de protejat; 2, 3, 4 - caracteristici de protecţie.

Fig.7 - 1

Caracteristica de protecţie , caracteristica timp-curent sau caracteristica de acţionare a aparatului de protecţie, re-

prezintă curba t = f(I), adică dependenţa dintre timpul de funcţionare şi supracurent (curbele 2,3,4 fig.7-1). Protecţia este bună dacă curba de protecţie 2 se află sub caracteristica termică (fig.7-1,a) , adică dacă aparatul provoacă întreruperea circuitului pentru orice valoare a supracurentului înainte de a se atinge temperatura limită admisibilă. Intre caracteristici trebuie să existe un interval datorită dispersiei acestor caracteristici (fig.7-1,b) . Curba 3 protejează numai la supracurenţii mici, iar curba 4 numai la supracurenţii mari. Pentru a asigura o protecţie cît mai eficientă caracteristicile de protecţie pot avea diferite forme (fig.7-2).



Caracteristicile de timp - curent sau de protecţie: a.- caracteristică independentă; b - caracteristică invers proporţională; c.- caracteristică limitat-dependentă; d- caracteristică limitat-dependentă cu acţionare instantanee la scurtcircuit.

Fig.7 - 2

Primele trei tipuri vor fi obţinute în general cu un singur dispozitiv, iar ultimul tip sau altele mai complicate rezultă prin reunirea a două sau mai multe dispozitive . Varietatea mare este necesară datorită formelor diferite ale caracteristicilor termice.

7.2. Siguranţe fuzibile

G e n e r a l i t ă ţ i . S i g u r a n ţ a fuzibilă în general este un aparat destinat protecţiei unui circuit electric contra scurtcircuitelor şi suprаintensităţilor, cuprinzînd unul sau mai multe elemente fuzibile care se topesc într-un anumit timp, la depăşirea unei anumite valori a curentului

(STAS 4262-54).

Are funcţionare automată, valoarea de funcţionare nereglabilă şi restabilirea (înlocuirea fuzibilului) neautomată. Siguranţele fuzibile sînt declangatoare termice nereglabile. Se folosesc în instalaţiile în care: lipsesc întreruptoarele automate, există dar n-au puterea de rupere necesară sau nu pot realiza protecţia la scurtcircuite. Locul de montare poate fi: la schimbarea secţiunii conductoarelor, la plecările de la tablouri, la ieşirea din contorul uzinei furnizoare, pe toate fazele şi neutru la sisteme cu două conductoare.

F u n c ţ i o n a r e a . Siguranţa poate avea două regimuri de funcţionare: regimul staţionar ($I<I_{min.topire}$) şi regimul tranzitoriu creat de supracurenţi ($I>I_{min.topire}$). Deconectarea (arderea)siguranţei are următoarele faze (fig.7-3):

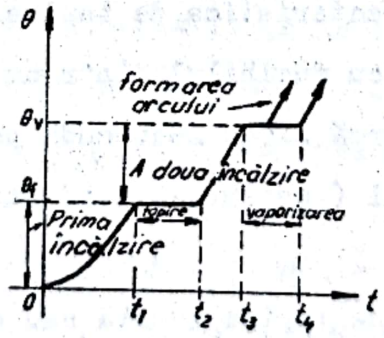
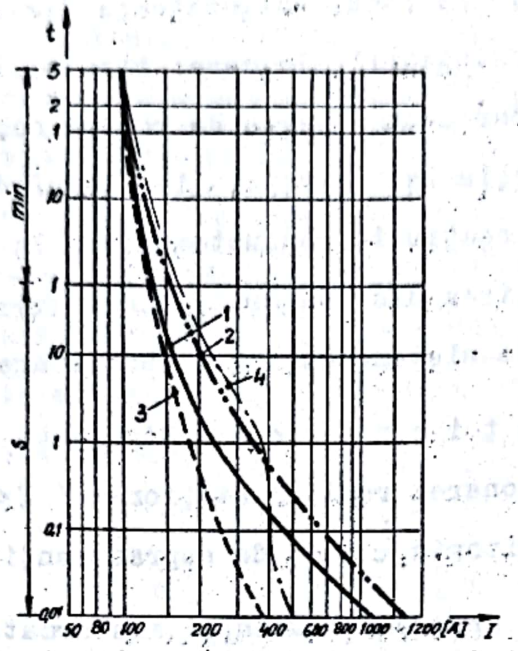


Fig.7 - 3

1)încălzirea fuzibilului pînă la temperatura de topire sau funcţionarea ($0-t_1$); 2) topirea unei porţiuni de fuzibil (t_1-t_2) ; 3) încălzirea pînă la vaporizare şi apariţia arcului (t_2-t_3); 4) stingerea arcului şi deci deconectarea (t_3-t_4).

C a r a c t e r i s t i c a d e p r o t e c ţ i e (fig.7-4). Este dependentă de valoarea curentului şi poate fi



Caracteristicile timp-curent ale eşafroanelor fuzibile: 1.-fuzibile rapide; 2- fuzibile cu întîrziere; 3- fuzibile ultrarapide; 4-fuzibile cu întîrziere - rapide.

Fig.7-4

de diferite forme. Caracteristica de topire rapidă (curba 1) aparţine siguranţelor cu fuzibilul dintr-un singur metal (Ag,Cu, etc) cu secţiune uniformă şi se recomandă pentru circuite fără vîrfuri mari de sarcini (cabluri , conductoare pentru iluminat , etc).

Caracteristica de topire inertă sau cu întîrziere (curba 2) o au siguranţele cu desprindere mecanică, cu efect metalurgic sau efect chimic şi se pot utiliza pe circuite cu vîrfuri de curent $(i_{soc} \approx (5-8)I_n)$ de scurtă durată , adică pentru motoare asincrone, transformatoare de forţă etc.

Caracteristica de topire ultra_rapidă (curba 3) se obţine la siguranţe cu fuzibile dintr-un singur metal , puternic gîtuite , bune pentru receptoare cu capacitate termică redusă (re-

dresoare cu siliciu , cu germaniu etc).

Caracteristica mixtă de topire sau inert - rapidă (curba 4) se realizează prin înserierea a două fuzibile : un fuzibil cu acţiune lentă obţinută cu efectul metalurgic şi altul cu lamă metalică cu gîtuituri pentru acţiunea rapidă. Sînt utile la instalaţii cu regim greu de pornire şi cu deconectare rapidă la scurtcircuite (instalaţii miniere).

Capacitatea de rupere a siguranţelor este strîns legată de micşorarea duratei de funcţionare care se poate obţine prin:

1. Reducerea vaporilor metalici din arc realizată prin : fire fuzibile cu conductivitate electrică mare (Ag, Cu)

2. Intensificarea răcirii fuzibilelor prin :

- înlocuirea unui fir cu mai multe fire în paralel ;
- utilizarea fuzibilelor sub formă de benzi , benzi perforate , benzi sită ,
- folosirea materialelor granuloase.

3. Montarea fuzibilului în buclă sau îndoirea în unghi drept pentru a favoriza acţiunea forţelor electrodinamice sau folosirea unui resort pentru desprindere mecanică .

Capacitatea de întrerupere a suprasarcinilor cu inerţie se poate realiza prin :

1. Desprinderea mecanică . Se poate obţine cu două fuzibile înseriate, fiind lipite între ele cu un aliaj uşor fuzibil care la suprasarcini se topeşte şi permite unui resort ca să îndepărteze unul din fuzibile .Apare arcul electric urmat de stingere şi întrerupere. La scurtcircuite funcţionarea are loc prin fuziunea unui fir fuzibil.

2. Efectul metalurgic .Aliaje eutectice de staniu sau plumb topite pot dizolva metale greu fuzibile (Ag, Cu) .Dacă pe un fir fuzibil (Cu, Ag) se pune o bobiţă de aliaj eutectic de

staniu sau plumb,la suprasarcini de durată acesta se topeşte şi dizolvă în zona respectivă fuzibilul ducînd la funcţionarea siguranţei.

3. Efectul chimic este similar efectului metalurgic,dar se bazează pe reacţii chimice .

Rezultă că în exploatare pentru a avea protecţia asigurată este necesar ca să se facă o alegere corectă a tipului de siguranţă şi a valorii nominale a fuzibilului. Inlocuirea fuzibilelor originale cu fire sau benzi improvizate schimbă total caracteristica de protecţie şi se poate ca obiectul protejat să devină " siguranţă" pentru circuitul în cauză . Trebuie sancţionată sever orice abatere.

Este necesar să se aibă în vedere că fuzibilele suferă cu timpul un proces de îmbătrînire care poate duce la arderea fuzibilului.

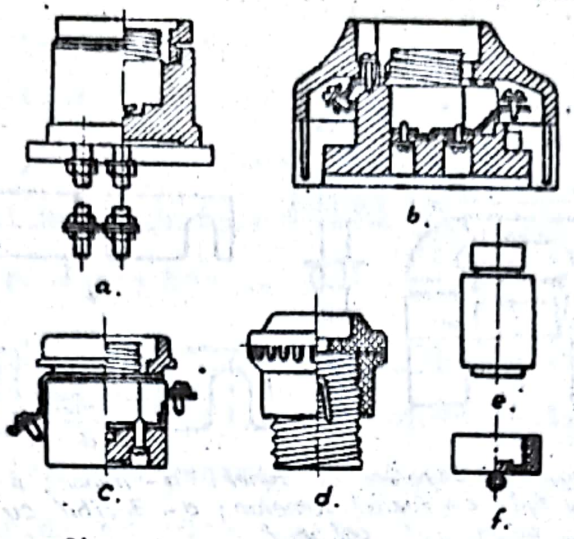
T i p u r i d e s i g u r a n ţ e f u z i b i l e .

1. Siguranţe cu capacitate mică de rupere . Cuprinde o varietate mare de siguranţe de construcţie deschisă sau închisă, folosite în auto , radioelectronică , protecţia circuitelor de comandă sau de automatizare şi siguranţele mignon destinate protecţiei circuitelor cu curenţi de scurtcircuit de valoare mică (tip LF şi LFi).

2. Siguranţe cu capacitate medie de rupere. Sînt folosite la utilizări casnice şi semiindustriale . Iată cîteva tipuri:

a. Siguranţe unipolare cu filet cu patronul de construcţie tubulară închisă cu material de umplutură (fig.7-5). Au cea mai mare răspîndire şi la noi în ţară se fac trei variante:tip LS (legături în spate), tip LF (legături în faţă) şi tip LFi (legături în faţă tip industrial). Se construiesc pentru seria curenţilor nominali 6-loo A tot în trei variante: 6 - lo A ,

2o-25-35-45-6o A şi 8o-1oo A .Fuzibilul este fir sau bandă de



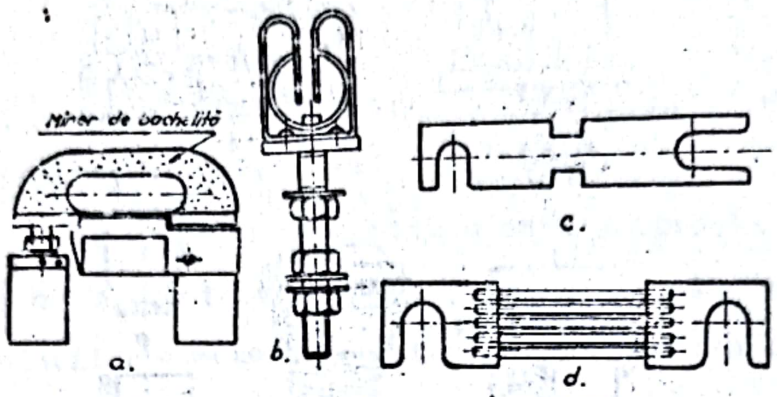
Siguranţe unipolare cu filet:
a-legătură în spate(LS); b-legătură în faţă (LF);
c-legătură în faţă, construcţie închisă(LFI);
d-capac; e-patron; f-piesă de contact.

Fig.7- 5

argint . Funcţionează ca limitatoare de curent , întrerupîndu-l înainte de a atinge valoarea de şoc. Patroanele 6-6o A pot rupe pînă la 1 KA , iar cele de 8o - 1oo pot întrerupe pînă la 5 kA . Mediul de stingere (cuarţul) asigură performanţe mai mari ,stabilitate mai mare faţă de construcţiile deschise. Se fabrică şi patroane ultrarapide pentru protecţia redresoarelor cu semiconductoare (cu germaniu , siliciu).

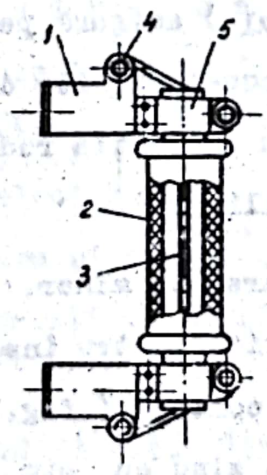
b. Siguranţe unipolare cu mîner. Au mînerul de bachelită (fig.7-6,a) prevăzut cu cuţite pentru înserierea în circuit prin introducerea în furcile de contact (fig.7-6 , b) şi pentru montarea fuzibilului lamelor de zinc cu istm (fig.7-6,c) sau din fir calibrat (fig.7-6,d). Fuzibilele se fabrică pentru seria curenţilor nominali 1oo - 35o A, iar furcile pentru curenţi de 2oo şi 35o A. Pentru seria curenţilor nominali se face şi varianta din fig.7-7 , denumită siguranţă tubulară deschisă (cu mîner) . Firul fuzibil este de argint .Capacitatea de rupere nu este mai mare de 1 kA. Deşi au o construcţie simplă ,pre-

zintă si mari neajunsuri : capacitate de rupere slabă, pericol



Siguranțe unipolare cu mîner: a- mîner; b- furcă cu tijă; c- fuzibil lamelor; d- fuzibil cu fir calibrat.

Fig.7 - 6



Siguranță fuzibilă tubulară deschisă; 1- cohiact-cuțit; 2- tub de porțelan glazurat liber la capete; 3- fir fuzibil; 4- șurub de fixare a fuzibilului, 5- bățări de fixare.

Fig.7-7

pentru personal , pot genera scurtcircuite între faze.

c. Siguranţe tubulare închise (fig.7-8) .Fuzibile calibrate şi cu gîtuituri din tablă de zinc sînt introduse într-un tub de fibră sau pertinax căptuşit cu material gazogen.Funcţionează mai bine şi pot rupe curenţi mai mari .Se fac pentru domeniul 6o - 35o A şi 45o - 6oo A.

3. Siguranţe cu mare putere de rupere (M.P.R) . Sînt folosite în circuite cu curenţi mari de scurtcircuit .Se fac pentru curent alternativ şi pentru curent continuu .Patroanele pot fi cu acţiune rapidă sau ultrarapidă .Pot rupe curenţi pînă la

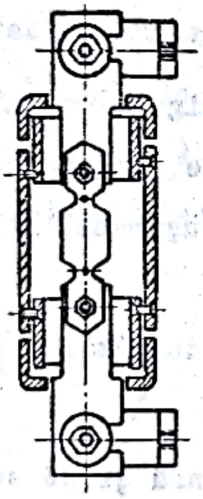
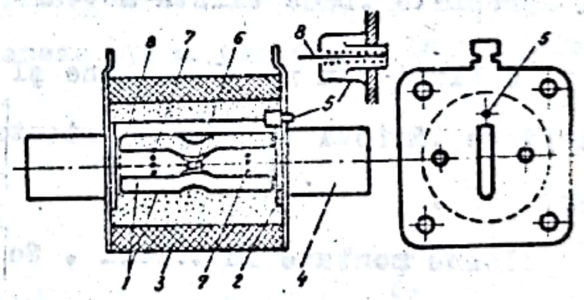


Fig.7-8



1 - element fuzibil ; 2 - piesă intermediară ; 3 - corp ceramic cu nisip de cuarţ ; 4 - piesă de contact tip cuţit ; 5 - indicator de funcţionare ; 6 - pastilă de metal uşor fuzibil ; 7 - găuri ; 8 - fir de tensionare a resortului semnalizatorului .

Fig.7-9

lo kA.Siguranţele MPR au elementul fuzibil format din benzi de argint 1 (fig.7-9)perforate cu găuri 7(acţiune rapidă - scurtcircuite),avînd la mijloc o pastilă de metal uşor fuzibil (suprasarcini).Construcţiile noastre sînt pentru domeniul 16o -63o A.

Tensiunea nominală a tuturor siguranţelor descrise este de 5oo V. Pentru intervalul 5oo - 1ooo V se fac siguranţe speciale .

Toate siguranţele posedă semnalizare optică.

In exploatare există o mare varietate de siguranţe fuzibile . Trebuie o grijă foarte mare la înlocuirea unor tipuri de siguranţe deficitare cu alte tipuri echivalente pentru a asigura o protecţie corectă.

A l e g e r e a s i g u r a n ţ e l o r .

1. Linii aeriene pentru uz casnic şi mici instalaţii industriale.

Formula de calcul este :

$$\frac{I_n}{1,25} > I_{nsig} > \frac{I_n}{1,8} ,$$

unde I_n este curentul nominal al liniei, în [A]; $I_{n\ sig}$ -curentul nominal al siguranţei , în [A]. Se alege valoarea standardizată cea mai apropiată .Dacă există motoare, se ia $I_{n\cdot sig} \leqslant 3\ I_n$.

2. Cabluri din reţele urbane şi industriale .Analog ca la linii aeriene .Există şi tabele orientative care uşurează mult alegerea .

3Coloane montate în tuburi . Se aleg după tabela [5] .

4. Motoare electrice .

Pentru motoare electrice cu pornire uşoară şi de scurtă durată (3-10 s), protejate cu siguranţe rapide :

$$I_{n\ sig} = \frac{I_p}{2,5} ,$$

unde I_p este curentul maxim de pornire , în [A] .Dacă se folosesc siguranţe lente :

$$I_n = I_{n\ motor} .$$

La motoare cu pornire grea protejate cu siguranţe rapide, cu durată de pornire mare (2o - 4o s) şi cu porniri frecvente:

$$I_{n\ sig} = \frac{I_p}{1,6 - 2} .$$

5. Transformatoare de forţă . Pe partea de joasă tensiune

siguranţele au curentul nominal egal sau apropiat de curentul nominal al transformatorului.

6. Condensatoare pentru îmbunătăţirea factorului de putere :

$$I_{n\ sig} = (1{,}2 - 2)\ I_n \ .$$

7. Ventile cu siliciu sau germaniu . Se utilizează numai fuzibile ultrarapide:

- în curent monofazat : $I_{n\ sig} = 1{,}57\ I_n$;
- în curent trifazat: $I_{n\ sig} = 1{,}73\ I_n$,

unde I_n este curentul mediu al ventilului protejat.

S e l e c t i v i t a t e a s i g u r a n ţ e l o r .

Proprietatea ca din două (S_1 şi S_2) sau mai multe siguranţe înseriate , parcurse de acelaşi curent de scurtcircuit I_{sc} (fig.7-1o), să funcţioneze numai cea de la locul defectului se numeşte selectivitate .

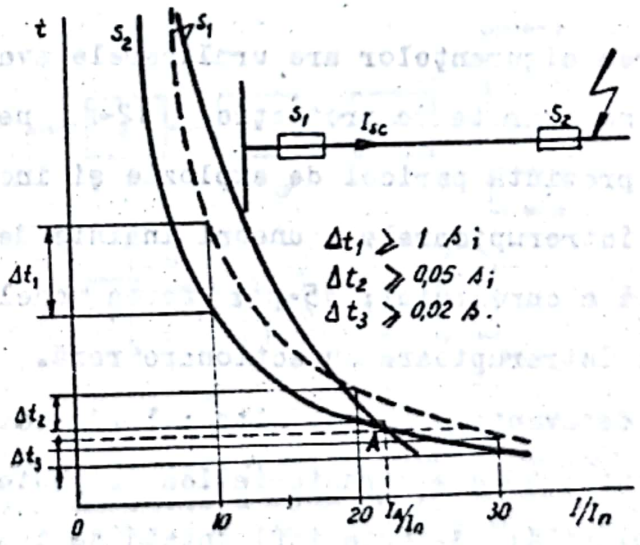


Fig.7-1o

Selectivitatea este menţinută pentru orice curent de scurtcircuit cînd caracteristicile de protecţie ale siguranţe-

lor S_1 şi S_2 nu se întretaie (curba întreruptă S_1 şi plină S_2). La siguranţele cu filet se obţine selectivitatea dacă între S_1 şi S_2 este o diferenţă minimă de două trepte din scara standardizată (tabelul 7-1) .La siguranţe MPR se cere ca

Tabelul 7-1

Sig.cu filet	S_1	15	20	25	35	45	60	80	100
	S_2	6	10	15	20	25	35	45	60
M.P.R.	S_1	160	200	250	315	400	500	600	
	S_2	100	125	160	200	250	315	400	

$I_{nS_1} / I_{nS_2} \approx 1,6$, iar la circuite cu scurtcircuite mari ($I_{sc} = 40 \div 50\ I_{nsig}$) se face o diferenţiere de trei trepte. La siguranţe de tipuri diferite se trasează caracteristicile şi între ele trebuie să existe diferenţele minime în timp indicate pe fig.7-10 la cei trei multipli ai curentului.

Folosirea siguranţelor are următoarele avantaje ;1-sînt cele mai ieftine aparate de protecţie ;2-nu necesită întreţinere ; 3-nu prezintă pericol de explozie şi incendiu ; 4- rup mai repede ca întreruptoarele , uneori înainte de a se atinge valoarea maximă a curentului; 5-pot forma modele termice ; 6 - pot înlocui întreruptoare cu acţionare rară.

Dintre dezavantaje se pot cita : 1 - durează mult înlocuirea fuzibilului ; 2 - are caracteristica de protecţie nereglabilă şi necontrolabilă; 3- este influenţată de temperatura mediului ambiant; 4 - poate deconecta numai o fază; 5 - funcţionarea depinde de stările anterioare.

Curentul de fuziune a unui fuzibil se poate aprecia cu formula:

$$I_f = c\, d^{\frac{3}{2}} ,$$

lor S_1 şi S_2 nu se întretaie (curba întreruptă S_1 şi plină S_2). La siguranţele cu filet se obţine selectivitatea dacă între S_1 şi S_2 este o diferenţă minimă de două trepte din scara standardizată (tabelul 7-1) .La siguranţe MPR se cere ca

Tabelul 7-1

Sig.cu filet	S_1	15	2o	25	35	45	6o	8o	1oo
	S_2	6	1o	15	2o	25	35	45	6o
M.P.R.	S_1	16o	2oo	25o	315	4oo	5oo	6oo	
	S_2	1oo	125	16o	2oo	25o	315	4oo	

$I_{nS_1} / I_{nS_2} \approx 1,6$, iar la circuite cu scurtcircuite mari ($I_{sc} = 4o \div 5o \ I_{nsig}$) se face o diferenţiere de trei trepte. La siguranţe de tipuri diferite se trasează caracteristicile şi între ele trebuie să existe diferenţele minime în timp indicate pe fig.7-1o la cei trei multipli ai curentului.

Folosirea siguranţelor are următoarele avantaje ;1-sînt cele mai ieftine aparate de protecţie ;2-nu necesită întreţinere ; 3-nu prezintă pericol de explozie şi incendiu ; 4- rup mai repede ca întreruptoarele , uneori înainte de a se atinge valoarea maximă a curentului; 5-pot forma modele termice ; 6 - pot înlocui întreruptoare cu acţionare rară.

Dintre dezavantaje se pot cita : 1 - durează mult înlocuirea fuzibilului ; 2 - are caracteristica de protecţie nereglabilă şi necontrolabilă; 3- este influenţată de temperatura mediului ambiant; 4 - poate deconecta numai o fază; 5 - funcţionarea depinde de stările anterioare.

Curentul de fuziune a unui fuzibil se poate aprecia cu formula:

$$I_f = c\, d^{\frac{3}{2}} ,$$

unde C este o constantă (C_{Cu} = 80 ; C_{Ag} = 60 ; C_{Zn} = 129), d - diametrul, în (mm). Formula poate fi folosită şi invers cînd dorim să cunoaştem diametrul pentru un curent de fuziune dat :

$$I_{n\ sig} \approx (0,4 - 0,5)\ I_{fuziune}$$

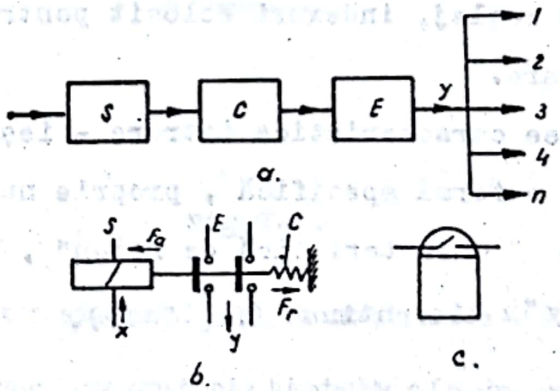
7.3. Relee

7.3.1. Generalităţi

Releul este un aparat automat care poate realiza o variaţie prin salt a mărimii de ieşire y pentru anumite valori ale mărimii de intrare x , la o variaţie continuă a acesteia .

Releul este releu electric cînd cel puţin una din mărimi (de intrare sau ieşire) este electrică .

In funcţionare releul se comportă ca un aparat cifric, numeric, discontinu , pe baza ciclului da -nu (închis-deschis), la care mărimea de ieşire variază cuantificat , iar releul are două stări : închis şi deschis .



Schema bloc a unui releu: a - cele trei elemente principale ale unui releu; b. - elementele unui releu electromagnetic; c. - semn convenţional pentru releu; S. - element sensibil; C. - element comparator; E - element executor ; x - semnal de intrare ; y - semnal de ieşire

Fig.7 - 11

In figura 7-11 este dată schema bloc şi schema unui releu electromagnetic prin care se pun în evidenţă elementele funcţionale ale unui releu : elementul sensibil (S), comparator (C) şi

executor (E).

Elementul sensibil(de control, pornire, demarare) este partea din releu care primeşte mărimea de intrare (x) şi o transformă într-o mărime necesară funcţionării releului. La releul electromagnetic electromagnetul transformă tensiunea sau curentul într-o forţă sau cuplu care permite funcţionarea releului.

Elementul comparator (intermediar) compară mărimea tradusă de elementul sensibil cu mărimea de referinţă (etalon) şi numai la o anumită valoare a semnalului de intrare transmite acţiunea elementului executor .In exemplu acest element este materializat de resortul antagonist.

Elementul executor (de acţionare) poate acţiona asupra mărimii de ieşire y la primirea comenzii .In cazul dat sînt contactele .

Releul are un canal de intrare şi poate avea "n" canale de ieşire (fig.7-11,a).

Pe releu mai există un dispozitiv de reglaj format din butoane, scări de reglaj, indexuri folosit pentru fixarea valorii mărimii de acţionare.

Pentru relee caracteristica intrare - ieşire , adică funcţia y=j(x) , are o formă specifică , proprie numai releelor , denumită de aceea " caracteristică de releu" , care pune în evidenţă caracterul său discontinuu (fig.7-12).

Anumite valori ale mărimii de intrare poartă denumiri după cum urmează :

x_R-valoare reglată sau prescrisă pentru care se stabileşte că trebuie să aibă loc funcţionarea ; x_a - valoarea de acţionare la care se produce realmente funcţionarea ; x_r - valoarea de revenire ; x_f - valoarea de funcţionare sub a cărei acţiune permanentă fiind,releul nu se încălzeşte peste limitele admisibile.

Mărimea de ieşire y poate lua valorile y=0 şi $y=y_{max}$

executor (E).

Elementul sensibil(de control, pornire, demarare) este partea din releu care primeşte mărimea de intrare (x) şi o transformă într-o mărime necesară funcţionării releului. La releul electromagnetic electromagnetul transformă tensiunea sau curentul într-o forţă sau cuplu care permite funcţionarea releului.

Elementul comparator (intermediar) compară mărimea tradusă de elementul sensibil cu mărimea de referinţă (etalon) şi numai la o anumită valoare a semnalului de intrare transmite acţiunea elementului executor .In exemplu acest element este materializat de resortul antagonist.

Elementul executor (de acţionare) poate acţiona asupra mărimii de ieşire y la primirea comenzii .In cazul dat sînt contactele .

Releul are un canal de intrare şi poate avea "n" canale de ieşire (fig.7-11,a).

Pe releu mai există un dispozitiv de reglaj format din butoane, scări de reglaj, indexuri folosit pentru fixarea valorii mărimii de acţionare.

Pentru relee caracteristica intrare - ieşire , adică funcţia y=j(x) , are o formă specifică , proprie numai releelor , denumită de aceea " caracteristică de releu" , care pune în evidenţă caracterul său discontinuu (fig.7-12).

Anumite valori ale mărimii de intrare poartă denumiri după cum urmează :

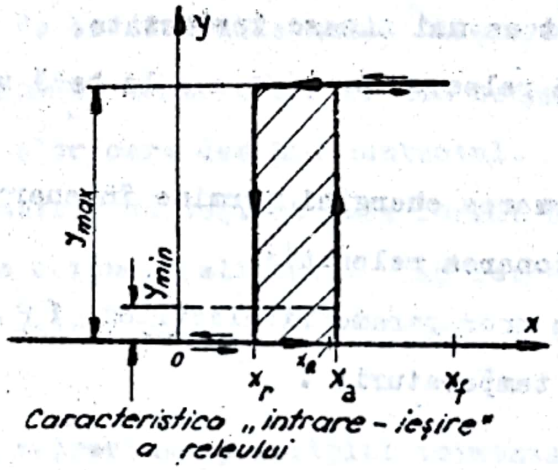
x_R-valoare reglată sau prescrisă pentru care se stabileşte că trebuie să aibă loc funcţionarea ; x_a - valoarea de acţionare la care se produce realmente funcţionarea ; x_r - valoarea de revenire ; x_f - valoarea de funcţionare sub a cărei acţiune permanentă fiind,releul nu se încălzeşte peste limitele admisibile.

Mărimea de ieşire y poate lua valorile y=0 şi $y=y_{max}$

pentru toate releele cu excepţia releelor fără contacte unde în loc de zero putem avea $y = y_{min}$.

In legătură cu releele se mai definesc şi rapoartele :

Raportul $\frac{x_r}{x_a} = K_r$ numit factor de revenire, subunitar pentru relee maximale şi supraunitar la relee minimale, de dorit cît mai aproape de unitate pentru sensibilitate mare ;



Caracteristica „intrare - ieşire" a releului

Fig.7-12

$\frac{x_f}{x_a} = K_f$ - factor siguranţă în funcţionare , totdeauna supraunitar ; $\frac{P_c}{P_a} = K_c$ - factor de comandă , supraunitar şi avantajos să fie cît mai mare. P_a este puterea de acţionare absorbită de releu pentru a funcţiona ($x = x_a$) şi P_c - puterea comandată în circuitul de ieşire ($y = y_{max}$).

Domeniile de utilizare ale releelor sînt numeroase : protecţie, reglaj automat, acţionări, automatizări, în componenţa unor aparate automate , etc.

Ca aparate de protecţie releele pot realiza oricare din caracteristicile de protecţie .

Caracteristica de releu poate fi obţinută prin diferite dispozitive din care se vor prezenta cîteva .

7.3.2. R e l e e t e r m i c e

Releele la care mărimea de intrare este temperatura se numesc relee termice sau termorelee .Dacă încălzirea se datorează electricităţii releele se mai numesc relee electrotermice ,iar dacă are loc direct se mai numesc termostate.

Construcţia releelor termice are la bază următoarele principii.

1. Transformarea ehergiei termice în energie mecanică folosită la funcţionarea releului;

2. Variaţia unor parametri electrici (ρ , ε) sau magnetici (μ) sub acţiunea temperaturii .

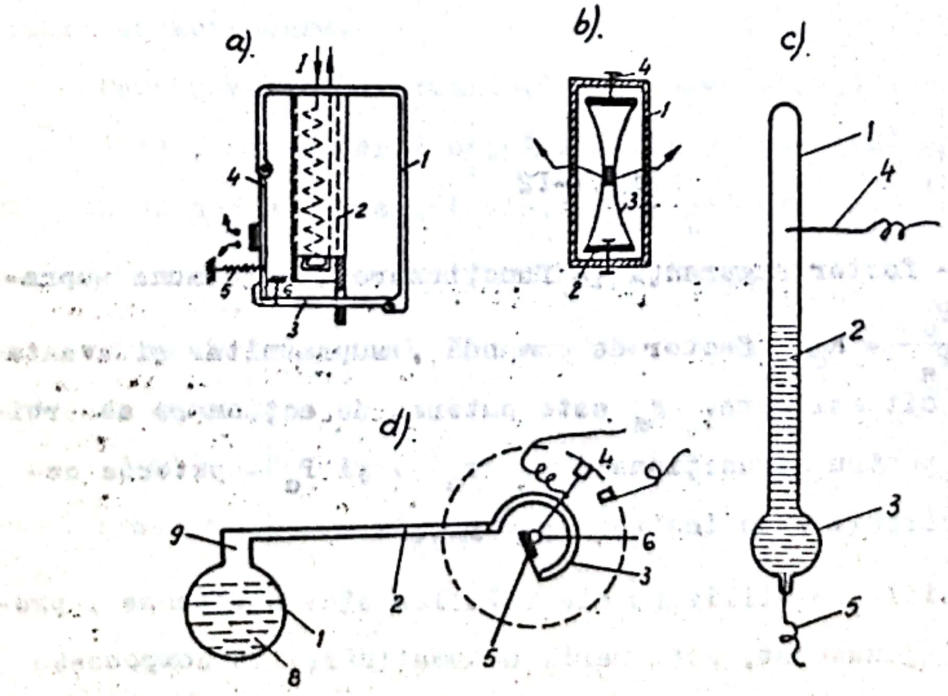


Fig.7-13

Multe relee termice funcţionează pe baza dilatării corpurilor . In figura 7-13 sînt date cîteva exemple.

Releul termic cu tub de dilatare (fig.7-13,a) are în corpul de invar 1(nedilatabil)fixat tubul de manganin 2,încălzit de o rezistenţă parcursă de curentul I,prin a cărei dilatare este împinsă pîrghia 3 care provoacă închiderea bruscă a contactelor datorită pîrghiei 4,trasă de resortul 5.

Termostatul cu membrane de invar (fig.7-13,b) conţine membranele 3,fixate de izolatoarele 2,pe care se află contactele, montate într-un tub de bronz 1 dilatabil. Dilatarea tubului la încălzire duce la o anumită temperatură fixată de şurubul 4 la saltul brusc al membranelor care deschid contactul.

Releul termometric cu contact este format dintr-un tub de sticlă cu coloana de mercur 2,alimentat din rezervorul 3, ce poate prin dilatare să atingă contactul 4 , realizînd închiderea circuitului.

Fig.7-13 , d reprezintă principiul termostatului cu gaz . In rezervorul 2 se află un lichid special (cloretil,clorometil etc) parţial vaporizat (9). Burduful manometric 3 se deformează sub acţiunea presiunii şi prin ansamblul cremalieră 5 - roata dinţată 6 poate realiza închiderea contactelor 4.O utilizare largă o au bimetalele. Bimetalul este o lamelă conductoare (fig.7-14) formată din două straturi de metale diferite , deci cu coeficienţi de dilatare diferiţi , care, unite intim pe toată suprafaţa de contact , sub acţiunea temperaturii se încovoaie , putînd realiza o deplasare şi dezvolta o forţă la capătul său liber ce poate fi folosită la construcţia releelor electrotermice.

Releele cu bimetal realizează o caracteristică de protecţie dependentă . Bimetalele se execută într-o mare varietate de forme constructive (fig.7-15) .Pentru a obţine diferite forme

ale caracteristicilor de protecţie şi din alte motive se pot

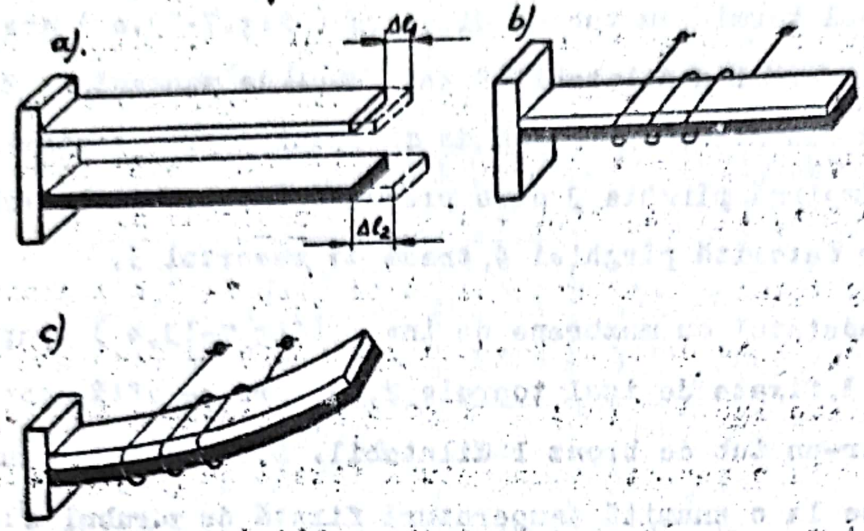
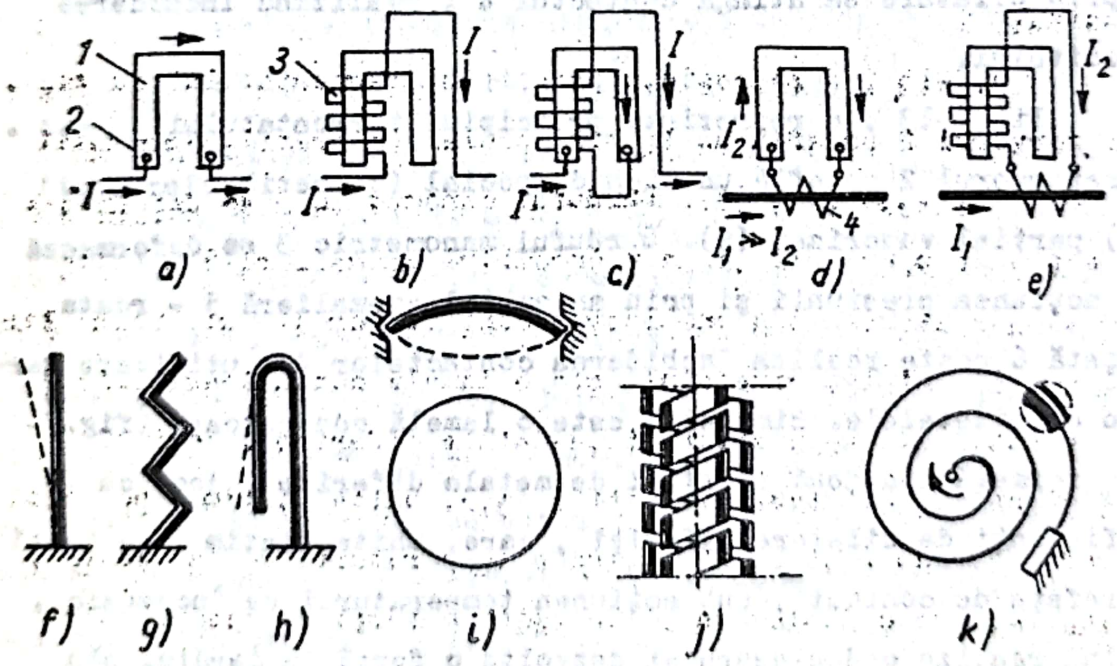


Fig.7-14



Modurile de încălzire (a÷e) şi formele constructive (f÷k) ale elementelor sensibile bimetalice:
a - încălzire directă; b - indirectă; c - combinată; d şi e - încălzire directă şi indirectă prin intermediul unui transformator de curent; 1 - element sensibil bimetalic; 2 - borne; 3 - rezistor de încălzire; 4 - transformator de curent; f - element sensibil bimetalic drept; g - element frînt; h - curb; i - disc curbat; j - elicoidal; k - spiral.

Fig.7-15

întrebuinţa moduri diferite de încălzire (fig.7-15) .

Deoarece funcţionarea unui bimetal este influenţată de temperatura mediului ambiant, se folosesc mijloace de compensare a temperaturii aşa cum se vede în fig.7-16.

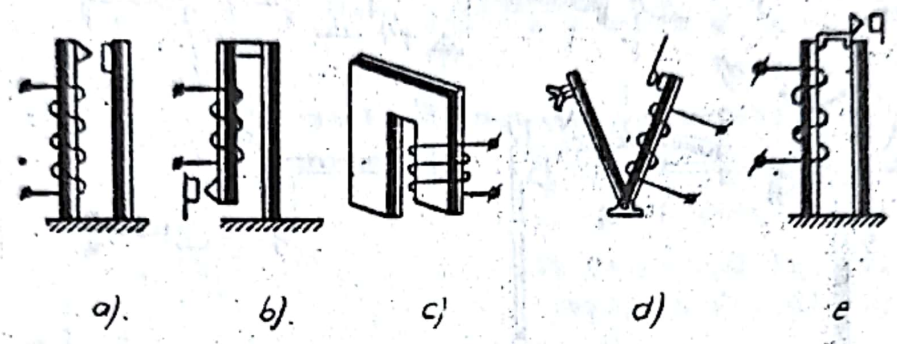


Fig.7-16

Bimetalele nu pot deschide sau închide brusc un contact. De aceea pentru a obţine acest lucru sînt folosite diferite mijloace (fig.7-17). In fig.7-17, a deschiderea bruscă se obţine prin deplasarea pîrghiei 1 de către bimetal (săgeata plină) pînă în poziţia I'; timp în care se armează resortul 3 care imediat după trecerea de punctul mort (pîrghiile 1 şi 2 linie dreaptă) trage brusc pîrghiile 2 şi 1 trecîndu-le în poziţia 2'-3'-1" . Revenirea are loc manual printr-un buton care acţionează în sensul săgeţii cu linii întrerupte . In cazul exemplului din figura 7-17, b comutarea bruscă o face magnetul permanent 5 care eliberează sau atrage brusc armătura 6 solidară cu bimetalul . Revenirea este automată.

Fig.7-17, c redă sistemul de deschidere bruscă realizat cu o pîrghie care o eliberează bimetalul şi este trasă de resortul prealabil armat 7. Sistemul are revenirea manuală . In figura 7-17,d este folosit un resort 9 de forma arătată care dă o componentă

F_2 ce ţine contactul închis pînă ce forţa bimetalului P_1 devine

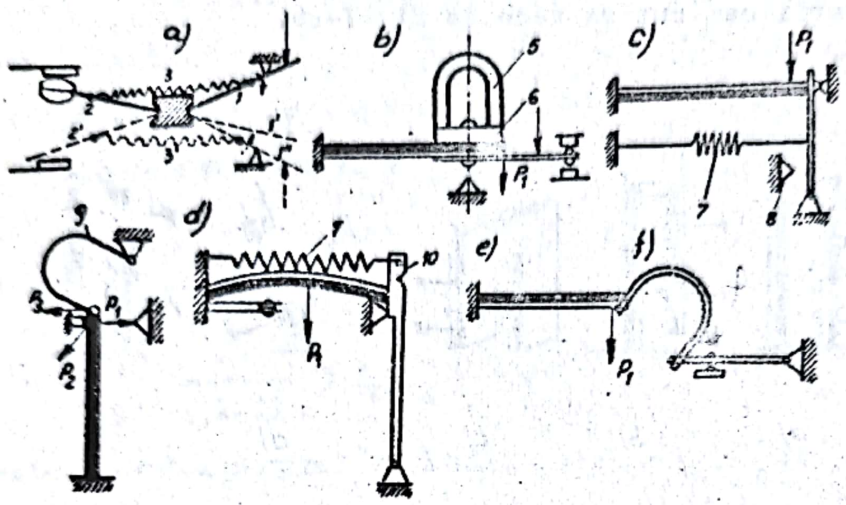


Fig.7-17

mai mare şi se produce deschiderea bruscă .Exemplul din fig. 7-17,f , este similar , iar exemplul din fig.7-17,e se aseamănă cazului din fig.7-17,c.

Datorită inerţiei termice releele electrotermice sînt bune pentru protecţia contra suprasarcinilor de lungă durată.Ca să se obţină protecţia la scurtcircuite trebuie asociate cu siguranţe fuzibile sau relee electromagnetice.

Pentru protecţia motoarelor trifazate contra suprasarcinilor se construiesc blocuri de relee termice; un ansamblu de trei bimetale ce acţionează un mecanism de deschidere bruscă comun şi posedă un dispozitiv de reglaj pentru domeniul $(0,6 - 1)I_n$. Uneori blocurile de relee conţin şi relee electromagnetice ,avînd capacitatea de a asigura şi protecţia la scurtcircuite.

Termoreleele bazate pe variaţia parametrilor electrici sau magnetici au elementul sensibil format dintr-un mecanism

care la variaţia temperaturii îşi variază rezistivitatea, permeabilitatea sau constanta dielectrică.

7.3.3. Relee electromagnetice

Releele electromagnetice constituie în instalaţii majoritatea releelor de protecţie. Constructiv nu sînt decît electromagneţi care îndeplinesc funcţia de element sensibil şi comparator la care se adaugă elementul executor (de ex. contactele) şi dispozitivul de reglaj. Se construiesc de curent continuu şi de curent alternativ.

Relee electromagnetice neutre netemporizate.

Pentru a obţine caracteristica de releu trebuie ca în timpul acţionării forţa electromagnetului de atracţie să fie pe tot parcursul întrefierului superioară forţei rezistente $F_a > F_R$, iar din momentul atingerii contactelor $F_a > F_R + F_r$). La revenire, dimpotrivă, forţa dată de electromagnet F_{rev} trebuie să fie mai mică ($F_{rev} < F_R + F_r$ sau $F_{rev} < F_a$ pentru $F_r = 0$). Ca să aibă loc revenirea F_a trebuie să scadă cu ΔF.

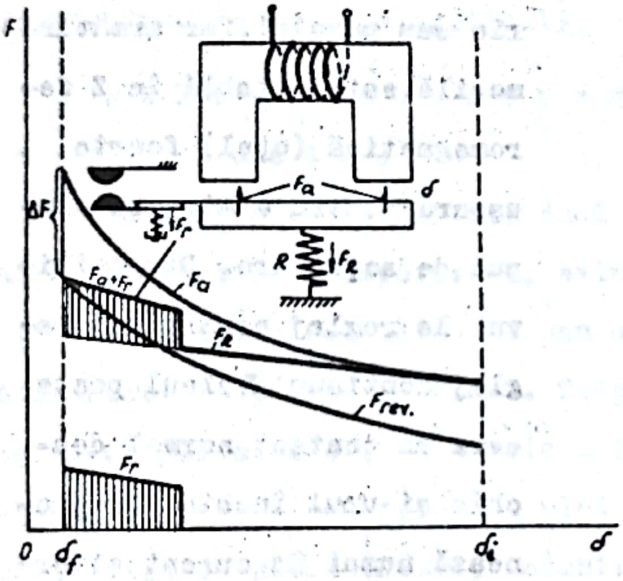


Fig. 7-18

Forţa de acţionare ($\delta = \delta_i$) şi forţa de revenire ($\delta = \delta_f$) au expresiile:

$$F_a = K\, i_a^2 \quad \text{şi} \quad F_{rev} = K\, i_{rev}^2 .$$

Coeficientul de revenire se poate scrie:

$$K_{rev} = \frac{i_{rev}}{i_a} = \sqrt{\frac{F_{rev}}{F_a}} = \sqrt{\frac{F_a - \Delta F}{F_a}} = \sqrt{1 - \frac{\Delta F}{F_a}} .$$

Ultima relaţie arată că mărirea coeficientului de revenire poate fi obţinută prin micşorarea lui ΔF, care se poate realiza prin:

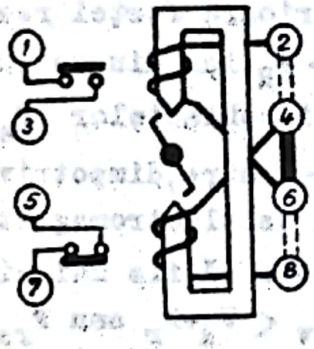
- asigurarea ca $F_R = f(\delta)$ să fie tangentă la curba $F_a = f(\delta)$ pentru $\delta = \delta_i$;
- mărirea întrefierului final (δ_f) prin foiţe magnetice

în întrefier sau opritoare,

- prin realizarea $F_r = f(\delta)$ ca o curbă apropiată ca formă de $Fa = f(\delta)$, fapt foarte dificil practic.

Iată exemple de relee electromagnetice netemporizate.

1. Relee de curent şi tensiune. In ţara noastră se construiesc relee maximale de curent (RC-1), maximale de tensiune (RT-1) sau minimale de tensiune (RT-2). Schema electrică se vede în fig.7-19. Au un circuit magnetic în C cu două bobine identice care pot asigura un reglaj în trepte prin cuplarea lor în serie sau paralel, iar armătura mobilă este o tablă în Z feromagnetică (oţel) foarte uşoară pentru a micşora timpul de acţionare. Dispozitivul de reglaj permite un reglaj continuu. Releul poate avea un contact normal deschis şi unul închis. Funcţionează numai în curent alternativ şi se utilizează la protecţia instalaţiilor electrice. Au caracteristica de protecţie independentă.



Schema electrică şi numerotarea bornelor. 2-4 şi 6-8 - bobine legate în paralel. 4-6 - bobine legate în serie.

Fig.7-19

2. Relee intermediare. Se utilizează în instalaţii de automatizare, comandă şi semnalizare ca element amplificator cu funcţionare discontinuă, amplificînd numărul contactelor şi puterea lor de rupere. Posedă multe contacte normal deschise şi închise. Bobina de acţionare poate fi alimentată în curent continuu sau alternativ. Pot fi cu acţiune instantanee sau temporizată. Se construiesc cu borne cu şuruburi, cu borne cu lipire

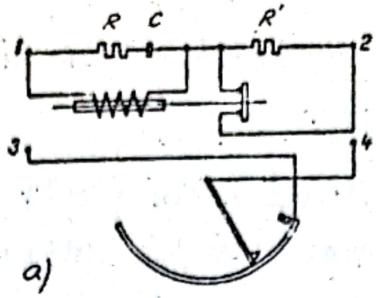
sau sistem priză - fişă . Se fabrică într-un număr foarte mare de variante .

3. Relee de semnalizare . Servesc la semnalizări optice şi acustice la apariţia,respectiv dispariţia curentului sau tensiunii circuitului controlat. Pot fi de curent continuu sau alternativ . La noi în ţară se fabrică releul Rds-1 cu două poziţii şi releele RdS-2 şi RdS-3 cu trei poziţii. Pot fi de curent sau de tensiune. Funcţionează în curent continuu. Semnalizează optic cu o clapetă şi acustic prin închiderea unui contact de alarmă. Trebuie montate vertical.

R e l e e l e c t r o m a g n e t i c e n e u t r e t e m p o r i z a t e .

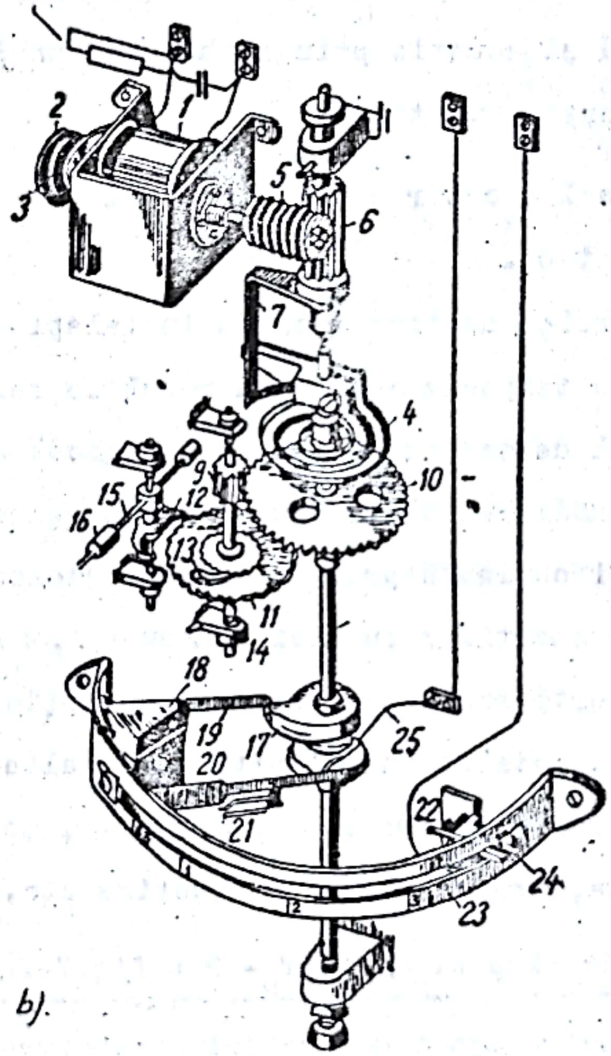
Se numesc relee de timp dacă în instalaţii au rolul numai de a efectua o temporizare, avînd rolul de relee temporizate atunci cînd releul de tensiune sau curent posedă un sistem de întîrziere a acţiunii releului. Temporizarea releelor electromagnetice poate fi obţinută prin diferite mijloace: mecanism de ceasornic, pendul amortizor cu ulei sau cu aer, amortizor eolian cu palete, spiră în scurtcircuit, mecanism de inducţie etc. Funcţia de relee de timp poate fi îndeplinită şi cu alte mecanisme decît relee electromagnetice: cu bimetale , motor sincron, scheme electronice, amplificatoare magnetice etc.

1. Relee de timp RT_p-1 şi RT_p- 2 (fig.7-2o) . Sînt compuse dintr-un electromagnet solenoidal care armează resortul unui mecanism de ceasornic ce poate închide temporizat un contact normal deschis, legat de bornele 3 şi 4. Funcţionează în în curent continuu cu domeniul de reglaj o,25 - 4 s pentru RT_p - 1 şi o,5 -1o s, pentru RT_p-2 . Se foloseşte la comenzi temporizate în instalaţii de automatizare. In paralel cu bobina este un circuit RC pentru înlăturarea scînteilor în contactele



Schema legăturilor electrice interioare

Rezistență și capacitate pentru micșorarea scînteilor care se formează între contactele releului de pornire



Releu de timp tip RTp:
1- dispozitiv electromagnetic de actionare (cc.) 2- armătură mobilă; 3- arc de rapel; 4- arc spiral; 5 și 6 - transmisie (roată dințată cu cremalieră) 7- pîrghie; 8- ax; 9 și 10- roți dințate de mecanismului cu balansier; 11- roată de balansier; 12- balansier; 13- clichet; 14- lagăre 15- braț de oscilație; 16- contragreutăți; 17- camă; 18 și 19 - contactele releul cu trei contacte; 20- pîrghie; 21- contact mobil; 22- cotact fix reglabil; 23- scală pe care se reglează contactul fix; 22-24- șurubul de fixare pe scală; 25- fir flexibil (2).

Fig. 7-20

releului de pornire şi în serie are o rezistenţă R' scurtcircuitată în momentul cuplării ca să permită punerea în funcţiune rapidă a electromagnetului şi ca acesta să aibă forţa de atracţie necesară . Electromagnetul deschide un contact care înseriază rezistenţa R' cu bobina pentru limitarea curentului.

2. Relee maximale de curent temporizate cu relee de inducţie . Există relee primare la care bobina este înseriată direct în circuitul principal şi relee secundare la care bobina se cuplează printr-un transformator de curent care-l separă de înalta tensiune , transformînd curentul la valori convenabile. In fig. 7-21 este dată schema de conexiuni a releului românesc maximal de curent temporizat tip RT_pC-1. Are caracteristica de protecţie limitat dependentă cu acţionare instantanee .Cuprinde un sistem

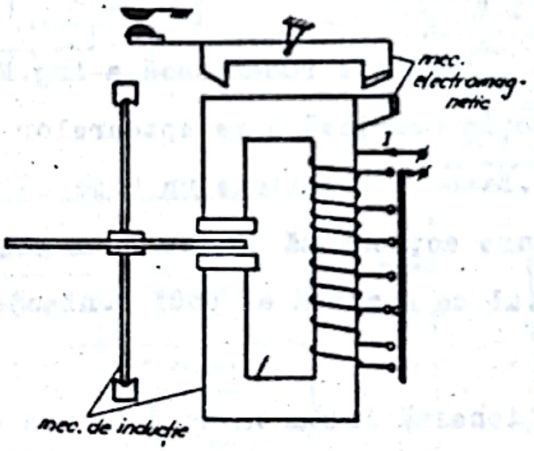


Fig.7-21

de inducţie care asigură temporizarea cu ajutorul unui şurub fără sfîrşit şi un sistem electromagnetic care poate închide sau deschide un contact cu temporizare sau instantaneu. La releul dat curentul poate fi reglat la valorile 2,5; 3;4;5; ; 6;8;1o A , temporizarea în intervalul 1-1o s şi acţionarea instantanee pentru de 2;4;6 şi 8 ori valoarea reglată . Acţionarea instantanee are loc totuşi într-un timp lung o,1 - o,3 s.

3. Relee de scară . Sînt folosite pentru menţinerea iluminatului scărilor blocurilor un timp dat. Electromagnetul la o comandă dată realizează închiderea contactului care aprinde lumina şi pune în funcţiune un sistem de temporizare cu pendul, pneumatic etc. care după un anumit timp redeschide contactul.

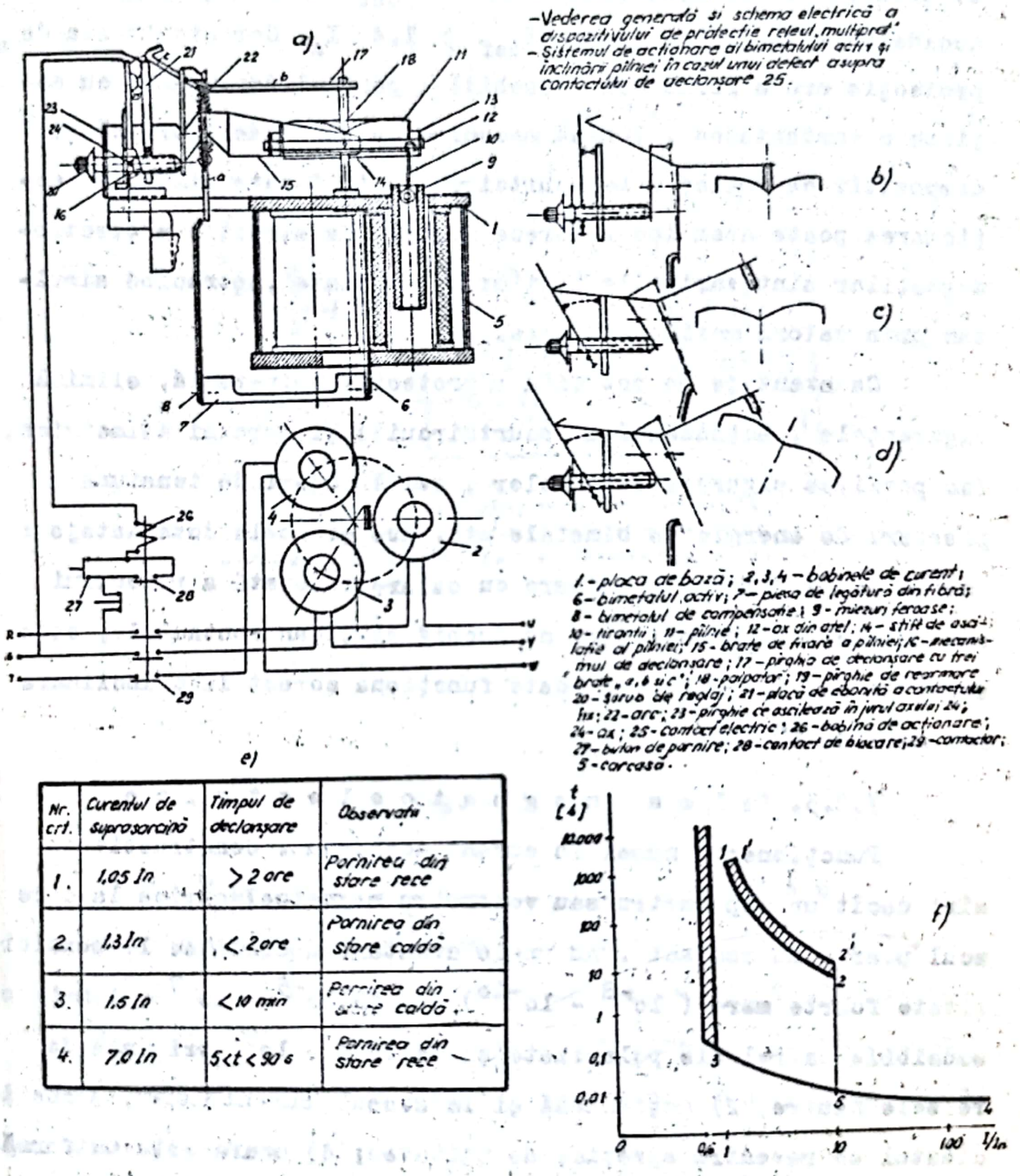
R e l e e e l e c t r o m a g n e t i c e p o l a r i z a t e . Folosesc în construcţia lor ca element sensibil şi comparator electromagneţi polarizaţi. Ca avantaje se pot cita: sensibilitate mare (10^{-2} - 10^{-3} W) , timp de acţionare foarte mic (2.10^{-3}s) , gabarit redus, acţionare şi la sensul curentului etc. Au şi unele dezavantaje : reglare dificilă ,coeficient de revenire mic, putere de rupere mică . etc.

7.3.4. R e l e u l t e r m o e l e c t r o m a g n e t i c " M u l t i p r o t "

Acest releu , invenţie românească a ing.Egon Hoppe,se foloseşte la protecţia complexă a receptoarelor trifazate simetrice (fig.7-22) .Este în realitate un bloc de relee termice şi electromagnetice care acţionează asupra unui contact unic , înseriat în circuitul de comandă al unui contactor.

Releul funcţionează instantaneu datorită electromagneţilor solenoidali serie, montaţi pe fiecare fază,care înclină o pîlnie ce acţionează o pîrghie cu trei braţe la următoarele defecte: 1) acţionare cu fază întreruptă ; 2) întreruperea unei faze în mers, dacă $I_{sarcina} > 0,85\ I_n$; 3) sarcini dezechilibrate , dacă $I_1/I_2 > 1,5$; 4)scurtcircuite trifazate la $I_{sc} \gg 10\ I_n$.

Acţionarea releului se produce temporizat datorită unui bimetal unic c ensat,situat în cîmpul termic al celor trei bo-



-Vederea generală și schema electrică a dispozitivului de protecție releul „multiprot".
- Sistemul de acționare al bimetalului activ și înclinării pîlniei în cazul unui defect asupra contactului de declanșare 25.

1.- placa de bază; 2,3,4 - bobinele de curent; 6- bimetalul activ; 7- piesa de legătură din fibră; 8- bimetalul de compensație; 9- miezuri feroase; 10- tirantii; 11- pîlnie; 12- ax din atel; 14- stift de ascilație al pîlniei; 15- brațe de fixare a pîlniei; 16- mecanismul de declanșare; 17- pîrghia de declanșare cu trei brațe „a, b și c"; 18- palpator; 19- pîrghie de rearmare 20- șurub de reglaj; 21- placă de ebonită a contactului fix; 22- arc; 23- pîrghie ce oscilează în jurul axului 24; 24- ax; 25- contact electric; 26- bobină de acționare; 27- buton de pornire; 28- contact de blocare; 29- contactor; 5- carcasă.

Nr. crt.	Curentul de suprasarcină	Timpul de declanșare	Observații
1.	1,05 In	> 2 ore	Pornirea din stare rece
2.	1,3 In	< 2 ore	Pornirea din stare caldă
3.	1,5 In	< 10 min	Pornirea din stare caldă
4.	7,0 In	5 < t < 90 s	Pornirea din stare rece

Releul „multiprot": a) - schema electrică; b) - sistemul de pîrghii în poziția armat; c) pîrghia cu trei brațe provocînd deschiderea contactului acționată de bimetalul compensator; d) - idem, datorită pîlniei înclinate de releele electromagnetice; e) - tabelul cu duratele de declanșare la suprasarcini; f) - caracteristica de protecție a releului, $t = f(I/In)$.

Fig.7-22

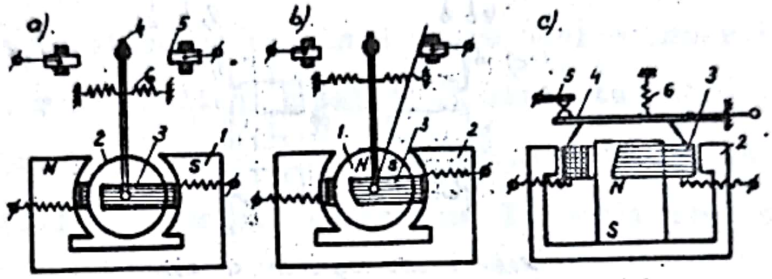
bine la defectele : 1) suprasarcini simetrice , dacă $I_s > 1,3\ I_n$ 2) defecte de izolaţie între faze la $I_{def} > 1,4\ I_n$; 3) puneri accidentale la pămînt pentru $I_{def} > 1,4\ I_n$. Caracteristica de protecţie are o formă mai deosebită : parţial dependentă cu acţionare instantanee . Posedă mecanism de deschidere bruscă şi dispozitiv de reglaj . La scurtcircuite trifazate simetrice acţionarea poate avea loc deoarece forţele de atracţie a electromagneţilor sînt variabile în timp şi decalate ,netrecînd simultan prin valori maxime sau zero.

Ca avantaje se pot cita : protecţie universală, elimină siguranţele , acţionează la scurtcircuite şi sarcini asimetrice, fac pornirea sigură a utilajelor , evită căderi de tensiune şi pierderi de energie pe bimetale etc. Are şi unele dezavantaje : nu se poate folosi la motoare cu calare repetată a rotorului sau asociat cu aparate care nu închid simultan contactele, este sensibil la vibraţii , nu poate funcţiona corect la o înclinare mai mare de 5° etc.

7.3.5. Relee magnetoelectrice

Funcţionează numai în curent continuu . Constructiv nu sînt decît un ampermetru sau voltmetru magnetoelectrice la care acul poartă un contact . Au unele avantaje deosebite: 1) sensibilitate foarte mare (10^{-8} - 10^{-10}) W , de 10^{5} - 10^{7} ori mai sensibile ca releele polarizate şi de 10^{-5} - 10^{9} ori faţă de releele neutre; 2) acţionează şi la sensul curentului ; 3)coeficientul de revenire apropiat de unitate ; 4) scara este uniformă. Sînt folosite ca elemente amplificatoare în sisteme automate între traductoare foarte sensibile şi elemente de execuţie sau ca relee de sens sau cu alte funcţii. Ca neajunsuri au : 1) putere de rupere la contacte slabă ; 2) necesitatea redresorului în curent alternativ etc. .

In fig.7-23 sînt date cîteva exemple de relee electromagnetice pentru a se vedea elementele caracteristice şi principiul de funcţionare.



Relee magnetoelectrice; a,b - cu mişcare de rotaţie; c - cu mişcare de translaţie; 1 - magnet permanent; 2 - circuit magnetic; 3 - cadrul cu bobina; 4 - contact mobil; 5 - contact fix; 6 - resoarte antagoniste.

Fig.7-23

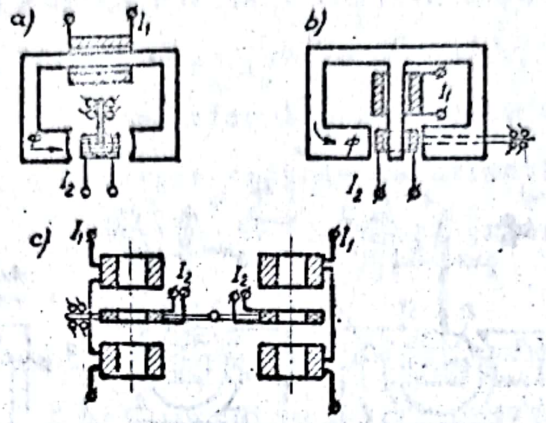
7.3.6 Relee electrodinamice

Sînt mult folosite la protecţia reţelelor electrice .Au construcţia similară instrumentelor de măsură electrodinamice.

Se bazează pe interacţiunea a doi curenţi, I_1 şi I_2,care parcurg două sau mai multe perechi de bobine, una sau mai multe bobine fiind mobile ,(fig.7-24).

Sistemul mobil se poate roti sau deplasa. Pentru mărirea cuplului se foloseşte un circuit feromagnetic , în care caz construcţia este similară releului magnetoelectric la care magnetul este înlocuit cu un electromagnet. Releele fără miez de fier pot funcţiona şi la frecvenţe înalte.

Au avantaje prețioase : 1) pot funcționa atît în curent



Relee electromagnetice: a- sistemul cu cadrul avînd mișcare de rotație; b- sistem cu mișcare de translație a cadrului; c- sistem fără circuit cu fier.

Fig.7-24

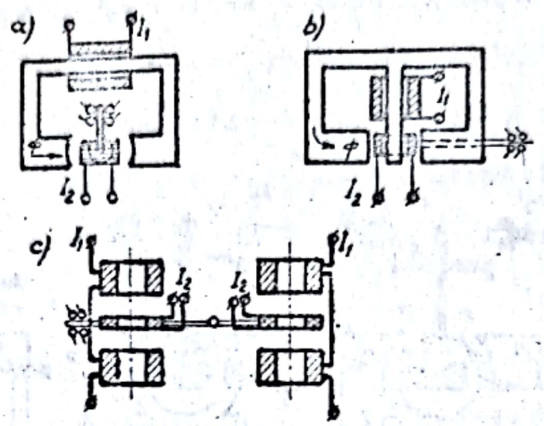
continuu cît și în curent alternativ; 2) gabarit mic;3)coeficient de revenire apropiat de unitate;4)pot funcționa atît ca releu de putere activă , cît și reactivă; 5) pot acționa și la schimbarea sensului puterii (releu direcțional) ; 6) mai sensibile ca releele de inducție.

7.3.7. R e l e e d e i n d u c ț i e

Sînt similare principial instrumentelor de măsură .Pot funcționa numai în curent alternativ sinusoidal .Au o construcție simplă și robustă . Partea mobilă poate fi un disc ,un cilindru sau pahar(inerție redusă) de aluminiu sau cupru.

Pot fi construite cu o singură înfășurare sau două.Releele cu o singură înfășurare se fac de tensiune sau curent .In instalațiile noastre apar frecvent ca mecanisme de inducție în construcția releelor primare sau secundare de curent.

Au avantaje preţioase : 1) pot funcţiona atît în curent



Relee electromagnetice: a- sistemul cu cadrul avînd mişcare de rotaţie; b- sistem cu mişcare de translaţie a cadrului; c- sistem fără circuit cu fier.

Fig.7-24

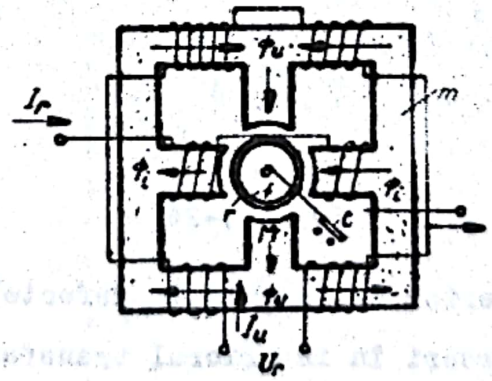
continuu cît şi în curent alternativ; 2) gabarit mic;3)coeficient de revenire apropiat de unitate;4)pot funcţiona atît ca releu de putere activă , cît şi reactivă; 5) pot acţiona şi la schimbarea sensului puterii (releu direcţional) ; 6) mai sensibile ca releele de inducţie.

7.3.7. R e l e e d e i n d u c ţ i e

Sînt similare principial instrumentelor de măsură .Pot funcţiona numai în curent alternativ sinusoidal .Au o construcţie simplă şi robustă . Partea mobilă poate fi un disc ,un cilindru sau pahar(inerţie redusă) de aluminiu sau cupru.

Pot fi construite cu o singură înfăşurare sau două.Releele cu o singură înfăşurare se fac de tensiune sau curent .In instalaţiile noastre apar frecvent ca mecanisme de inducţie în construcţia releelor primare sau secundare de curent.

Releele cu două înfăşurări realizează mişcarea părţii mobile sub acţiunea a două mărimi . Pot fi folosite ca relee direcţionale de impedanţă , de reactanţă etc. In fig.7-25 este prezentată schema principială a unui releu direcţional de putere de inducţie,cu două înfăşurări şi cu rotor cilindric.Principial releul are un circuit magnetic m cu poli aparenţi pe care se află înfăşurarea de curent formată din două bobine în serie şi cea de tensiune ce cuprinde patru bobine înseriate.Rotorul cilindric r are solidar o paletă cu contactul mobil C şi un resort antagonist, nefigurat . Magnetul M serveşte la amortizarea oscilaţiilor . Releul acţionează la schimbarea sensului puterii.



Schema electrică şi circuitul magnetic al releului de inducţie direcţional, cu două înfăşurări şi rotor cilindric (tip IMB)

Fig.7.25

7.3.8. R e l e e d e g a z e (Bucholtz)

Se folosesc la protecţia transformatoarelor în ulei la puteri peste 100 KVA . In ţară se fabrică tipurile RB 1 şi RB 2 (cu unul , respectiv cu două flotoare : fig.7-26).

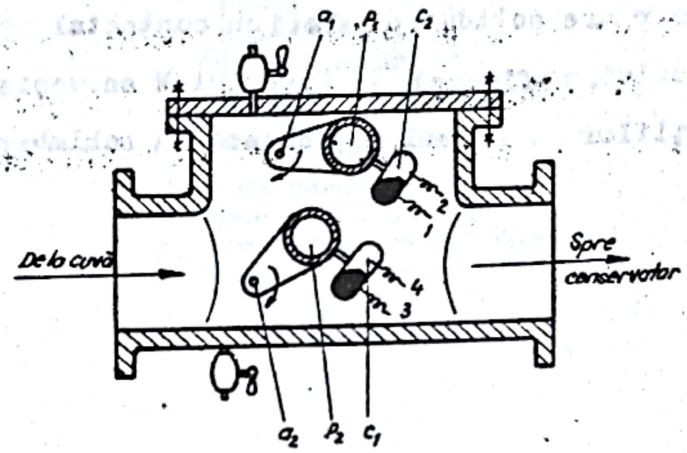


Fig. 7-26

Flotorul superior acţionează la defectele:1)degajări de gaze provocate de arderi în interiorul transformatorului ; 2) scăderea nivelului uleiului; 3) unde de presiune (numai la RB 1 care are o paletă de şoc).

Flotorul inferior funcţionează numai la degajări violente de gaze şi unde de presiune.

Defectele principale la care funcţionează releul sînt: 1) neetanşietăţi ale cuvei sau ulei insuficient,care conduc la scăderea uleiului sub nivelul admis; 2) străpungeri; 3)scurtcircuite între spire ; 4) topirea tolelor ; 5) şocuri electrice interioare puternice şi explozii.

Scanned with OKEN Scanner

Flotorul superior acţionează la defecte mai puţin grave prin semnalizare optică şi acustică , iar flotorul inferior funcţionează la defecte grave, provocînd concomitent cu semnalizarea şi deconectarea transformatorului de reţea.

Se montează între cuvă şi conservator .Părţile principale sînt flotoarele p_1 şi p_2 care se pot roti în jurul axelor a_1, respectiv a_2, de care sînt solidare contactele de lucru cu mercur C_1 şi C_2 . Flotorul inferior la RB 2 sau flotorul unic la RB 1 posedă o paletă de şoc P.Robinetele sînt folosite ,cel superior pentru luat probe de gaze sau evacuarea lor, iar cel inferior pentru golirea uleiului cînd este necesar.Flotorul inferior poate fi oprit să provoace deconectarea la pierderi de ulei , dacă se montează un şurub ce poate reţine în aparat un volum de ulei. Se recomandă tipul RB 1 pentru transformatoare peste 100 KVA şi RB 2 la peste 1000 KVA. Cînd se consideră necesar, se poate folosi tipul RB 2 în locul lui RB-1.

Scanned with OKEN Scanner

8. APARATE AUTOMATE DE CONECTARE SI PROTECTIE

8.1. Generalităţi

Aparatele care servesc la închiderea şi deschiderea circuitelor electrice, efectuînd sau suprimînd legăturile electrice dintre bornele lor de intrare şi ieşire, se numesc aparate de conectare (STAS 5081-55) .

Aparatele de conectare pot fi neautomate (hebluri, separatoare, întreruptoare şi comutatoare pachet etc) sau automate.

Aparatele de conectare sînt automate cînd cel puţin una din acţionări (închiderea sau deschiderea) poate avea loc automat.

Aparate automate de conectare sînt :contactoarele şi ruptoarele, contactoarele cu relee , întreruptoarele şi comutatoarele automate.

8.2. Contactoare şi ruptoare

8.2.1. G e n e r a l i t ă ţ i.

Aparatele de conectare cu o singură poziţie de repaus, acţionate altfel decît manual , capabile de a închide , de a suporta şi de a rupe curenţi în condiţii normale ale circuitului, inclusiv curenţii de suprasarcină de serviciu, se numesc contactoare.

Ruptoarele sînt contactoare care în poziţia de repaus au contactele de lucru închise.

Contactoarele închid şi menţin închis un circuit atît cît durează comanda, iar ruptoarele îl deschid şi-l menţin astfel atît cît durează comanda.

Contactoarele şi separatoarele sînt folosite pentru:

1) telecomenzi ale instalaţiilor inaccesibile sau periculoase pentru operator ; 2) telecomanda instalaţiilor de înaltă tensiune ; 3) automatizări şi acţionări industriale; 4) la utilaje cu frecvenţă ridicată de conectare.

Acţionarea contactoarelor poate avea loc:electromagnetic, hidraulic, pneumatic. etc. Astfel pot fi contactoare electromagnetice, electropneumatice, pneumatice , cu came(controlere de comandă), cu zăvorîre(în poziţia închis), cu remanenţă, cu comutaţie statică.Contactoarele electromagnetice (acţionate de electromagneţi) sînt cele mai frecvente .

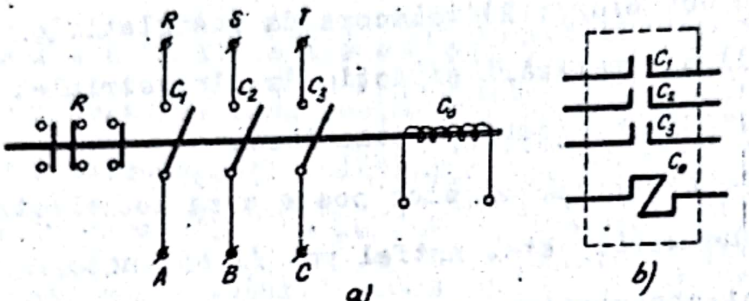
Deşi au multe asemănări cu releele electromagnetice, se deosebesc de acestea prin unele particularităţi care influenţează construcţia acestora: 1) întrerup circuite de forţă, avînd capacitate mare de rupere; 2) frecvenţe mari de conectare 2oo - 12oo cicluri/oră; 3) număr mare de manevrări - milioane sau zeci de milioane etc.

8.2.2. E l e m e n t e c o n s t r u c t i v e

Contactoarele pot fi de curent continuu , alternativ sau mixte . Aparatele mixte au căile de curent pentru curent continuu şi bobina de acţionare pentru curent alternativ sau invers. Pot funcţiona în aer sau ulei.

Un contactor are următoarele elemente constructive (fig. 8-1): 1.Contactele principale (C_1,C_2, C_3) folosite la stabilirea şi întreruperea continuităţii circuitului principal. Sînt robuste,specializate pentru frecvenţe ridicate şi număr mare de manevrări , prevăzute cu posibilităţi de înlocuire;

2. Sistemul de stingere al arcului . Se montează la fiecare pereche de contacte principale şi are rolul de a limita şi stinge arcul electric. Frecvent sînt folosite camerele cu bobine



Simbolizarea unui contactor cu rotaţie: C_b - bobina; C_1, C_2, C_3 - contactele principale; a) - simbolizare de principiu; b) - simbolizare în instalaţiile de automatizare; R - contacte auxiliare (2ND + 1NI); A, B, C - bornele de intrare; R, S, T - bornele de ieşire

Fig.8 - 1

de suflaj şi camerele deion ;

3. Sistemul de acţionare . Furnizează energia de închidere şi deschidere (electromagnetul şi anexele sale);

4. Contactele auxiliare (R) . Sînt cuplate mecanic cu contactele principale şi se folosesc în circuitele auxiliare ale contactorului pentru închiderea şi deschiderea circuitelor de comandă , blocare şi semnalizare funcţie de poziţia contactorului;

5. Sistemul de fixare . Cuprinde toate elementele folosite la susţinerea părţilor componente ale contactorului .Este util în continuare a defini noţiunea de cale de curent şi de circuit principal şi de comandă:

Totalitatea părţilor conductoare de curent care în funcţionare normală pot fi legate electric formează <u>o cale de curent</u>.

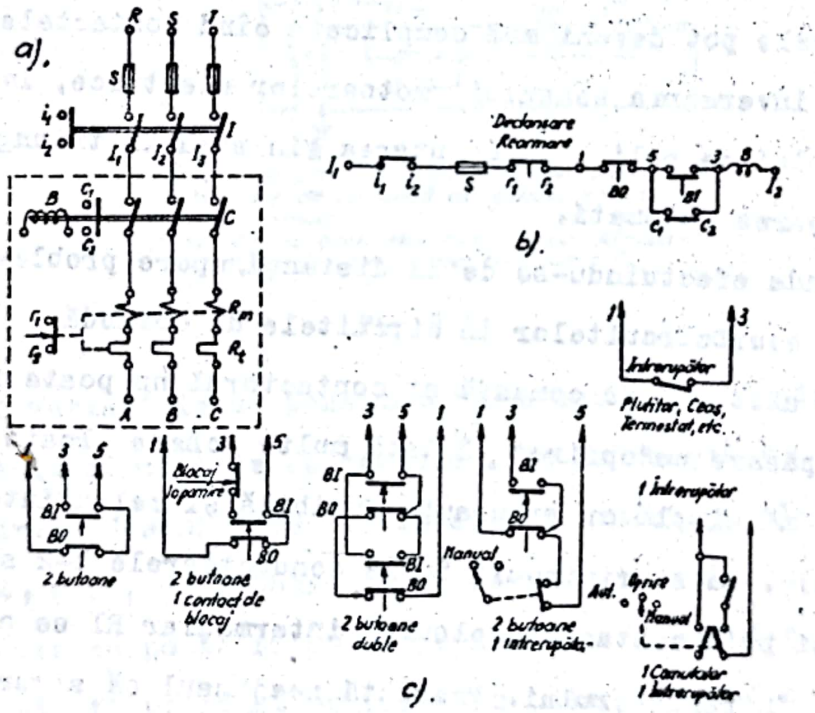
Toate piesele conductoare care formează un circuit electric, străbătut de curentul principal , alcătuiesc <u>circuitul principal.</u> .

Bobina (Co) şi contactele auxiliare(R) constituie <u>circuitul de comandă</u> .

Construcţia părţilor componente este extrem de variată.

8.2.3. C o m a n d a c o n t a c t o a r e l o r

Avînd posibilităţi multiple de utilizare,contactoarele au şi o varietate corespunzătoare de scheme , atît pentru circuitele principale cît şi pentru circuite secundare.In fig.8-2 sînt prezentate cîteva posibilităţi de comandă pentru un contactor asociat cu relee termice şi magnetice.Schema din fig.8-2 permite



Schema electrică a unui contactor cu relee cu posibilităţi multiple de comandă:
a - schema circuitului principal; b - schema monofilară a circuitului de comandă; c - diverse variante de scheme care realizează comanda contactorului; I - întrerupător cu pîrghie; C - contactor; C_1 - contactor mers înainte; C_2 - contactor mers înapoi; R_m - releu electromagnetic; R_t - releu termic; B - bobină contactorului; S - siguranţe; BI - buton de pornire; BO - buton oprire; i_1 - i_4 - contacte de blocare montate pe întrerupătorul cu pîrghie; r_1 - r_3 - contacte acţionate de relee.

Fig.8-2

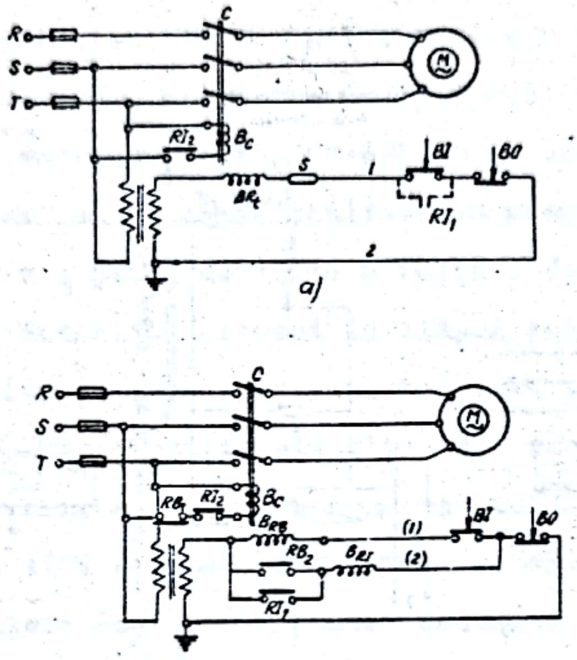
comanda bobinei B prin butonul dublu BD ,realizînd automenţinerea cu contactul auxiliar C_1 -C_2 şi fiind prevăzut cu blocarea comenzii cînd întreruptorul I nu este închis prin contactele i_1 -i_2 şi deschiderea automată la funcţionarea protecţiei cu relee prin contactul r_1- r_2 . Intre punctele 1-3-5 mai poate fi adăugat un buton realizînd schema cu două butoane, la aceasta se poate prevedea un contact suplimentar de blocaj , se mai pot adăuga încă 1 ...n butoane sau un întreruptor. Schema poate fi simplificată montînd numai un întreruptor între punctele 1-3 acţionat de diferite aparate (plutitor, ceas etc)sau se poate aranja un comutator cu posibilităţi de funcţionare automată şi manuală.

Schemele pot deveni mai complicate cînd contactele sînt folosite la inversarea sensului motoarelor electrice, la schimbarea numărului de poli , la comutarea din stea în triunghi,sau la reanclanşarea automată.

Comanda efectuîndu-se de la distanţă, apare problema protecţiei contra scurtcircuitelor în circuitele de comandă , care fac inutil sistemul de comandă şi contactorul nu poate fi deschis prin apăsare pe"oprire" .Există multe scheme .Poate fi folosită o schemă simplă cu siguranţă fuzibilă şi releu intermediar (fig.8-3,a) . La scurtcircuit între conductoarele 1-2 siguranţa S se arde şi prin contactul releului intermediar RI se produce deschiderea întreruptorului. Prezintă neajunsul că siguranţa poate să nu se ardă , dacă scurtcircuitul nu este clar . Neajunsul se poate elimina cu schema din fig. -8 -2,b unde siguranţa este înlocuită cu releu termic fără autorevenire . La scurtcircuit între conductoarele 1-2 , înfăşurarea bimetalului BRB este alimentată şi după un timp provoacă deschiderea contactorului prin contactul RB 1.

A doua problemă deosebită în exploatare o constituie pentru contactoare menţinerea lor în funcţionare la dispariţii

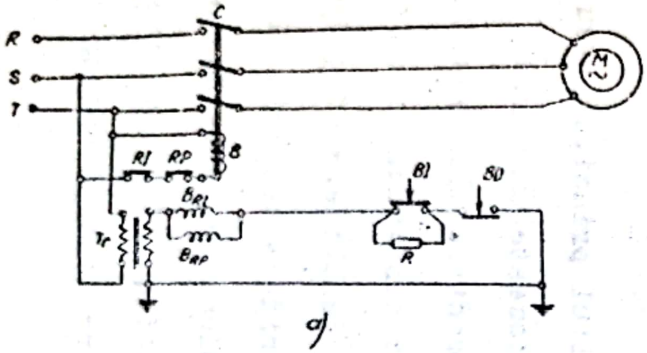
momentane de tensiune .Şi la rezolvarea acestei probleme sînt multe soluţii.Se alimentează bobina de la o sursă independentă



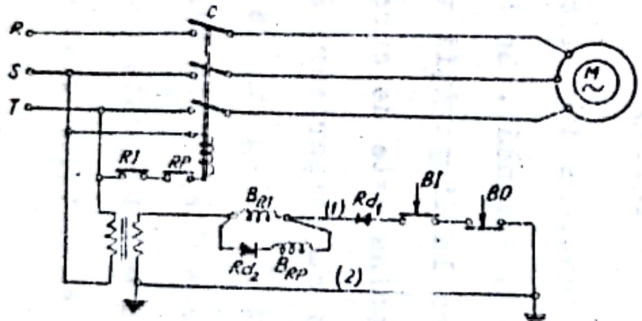
Scheme de protecţie împotriva unui scurtcircuit în circuitul de comandă cu ajutorul unei siguranţe fuzibile:
BR_t - bobina unui releu intermediar; Rl - contactele releului intermediar; S - siguranţă.

Fig.8-3

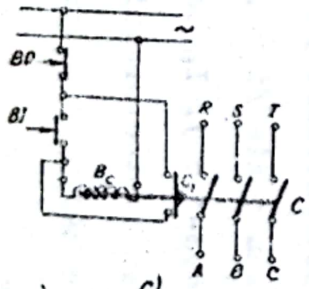
şi astfel variaţiile de tensiune din circuitul principal n-au influenţă în circuitele de comandă . Se foloseşte un circuit RC care întîrzie deschiderea la dispariţii momentane ale tensiunii (fig.8-4, a) , dacă bobina este de curent continuu. Contactul de automatizare poate fi cu temporizare la deschidere (fig.8-4, b) sau poate fi utilizat un releu cu deschidere temporizată (fig.8-4,c). I_n acest caz dispariţia tensiunii duce la deschiderea contactorului, dar acesta poate reanclanşa dacă fenomenul durează un timp limitat anumit .Re este o rezistenţă economizoare.



a)

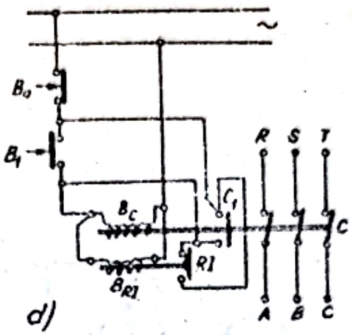


b)



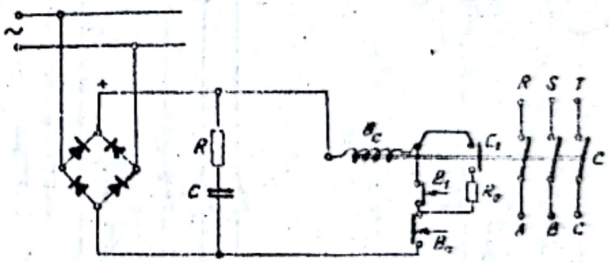
c)

Scheme cu posibilitatea de reconectare automată limitată în timp.



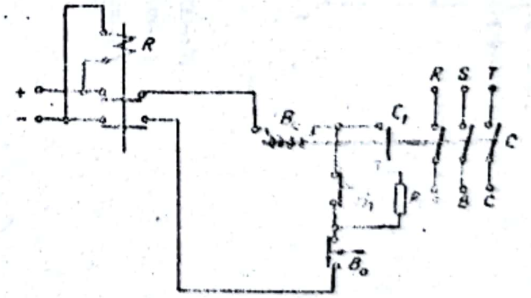
d)

Schema unui contactor cu contact de autoalimentare și releu de contact cu deschiderea temporizată.



e)

Schema unui contactor a cărui bobină este alimentată de la o punte redresoare.



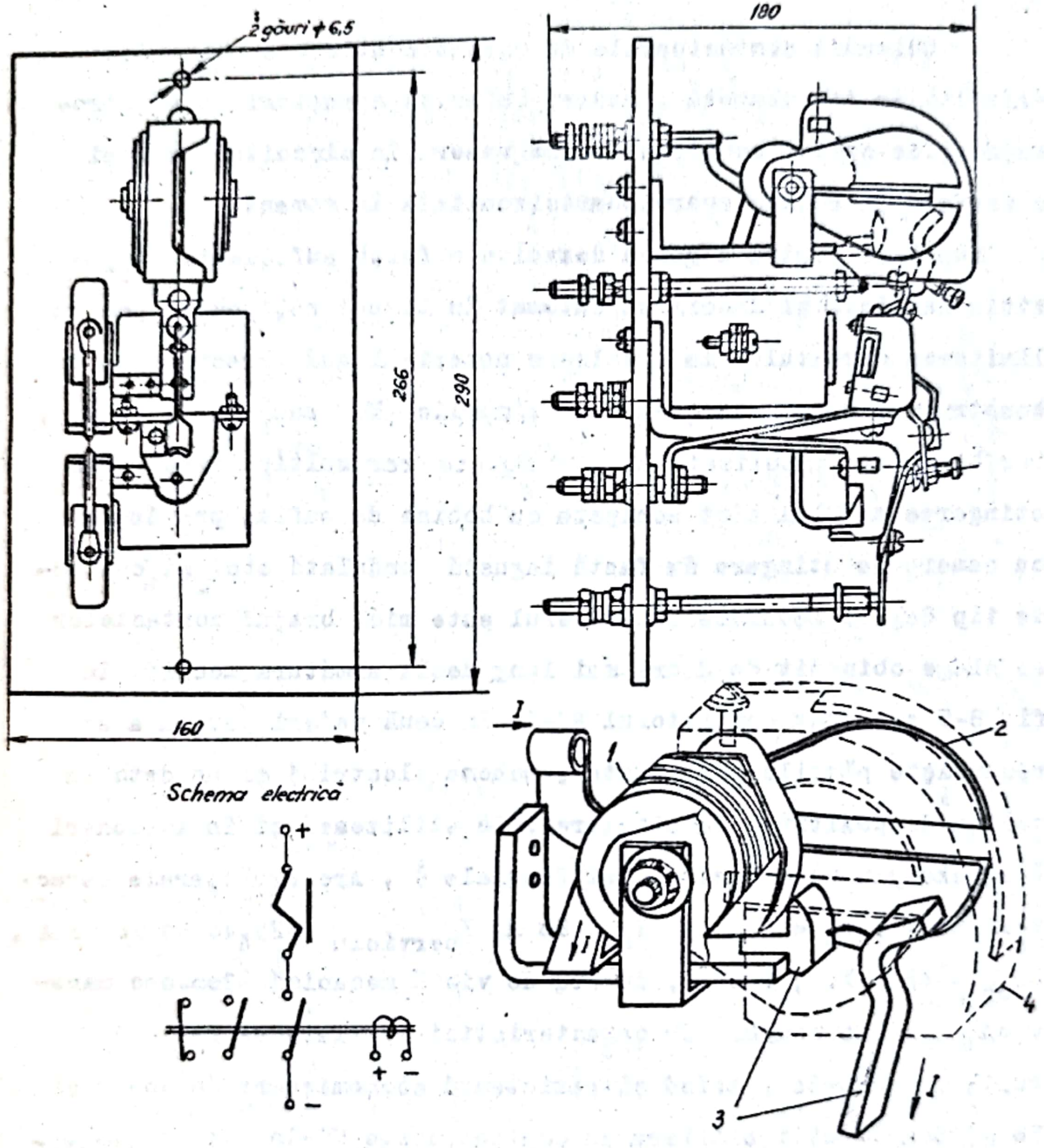
f)

Schema unui contactor a cărui bobină este alimentată de la o sursă independentă.

Fig. 8-4

8.2.4. Contactoare de curent continuu

Obişnuit contactoarele de curent continuu au circuitul magnetic de tip clapetă , masiv, cu multe apropieri de electromagneţii de curent continuu, avînd uneori în circuitul bobinei o rezistenţă economizoare scurtcircuitată în momentul cuplării pentru a putea dezvolta o forţă suficientă în poziţia iniţială şi înseriată automat în timpul acţionării pentru limitarea curentului la o valoare nepericuloasă .Frecvent se construiesc monopolare,denumite simbolic MC sau RMC (ruptor) , iar bipolare simbolizate BC şi foarte rar multipolare.Pentru stingerea arcului sînt echipate cu bobine de suflaj prevăzute cu camere de stingere cu fantă îngustă ondulată etc, şi contacte tip deget. Deoarece întrefierul este mic, braţul contactelor se alege obişnuit de 2 ori mai lung decît armătura mobilă. In fig.8-5 este dat contactorul MC-8o în două vederi pentru a se recunoaşte părţile componente , schema electrică şi un detaliu pentru dispozitivul de stingere . Se utilizează şi în acţionări (de exemplu nave maritime şi fluviale) . Are următoarele caracteristici : U_n = 22o V, I_n = 8o A, $I_{serviciu}$ =25,4o,6o şi 8o A , U_{bob} = 48; 11o ; 22o V , durata de viaţă mecanică =3oo.ooo manevre,f_{con} = 12o con/h. Cu caracteristici similare se fabrică ruptorul RMC-8o , avînd şi rezistenţă economizoare de 6oo Ω şi 5o W. Construcţii similare au contactoarele MC-1o (ex.la troleibuze) , MC.15o, RMC 15o. Pentru curent continuu şi alternativ fabricăm contactorul MCA 16 (încălzit vagoane călători) , Comanda circuitelor auxiliare se poate face cu contactoare de curent continuu specializate,cu maximum 1o contacte auxiliare sau 5 contacte auxiliare (I_n4o A sau 8o A) .Se fac şi variante bipolare de 8o A, 15o A şi variante mono sau tripolare de 25o A.



Contactor MC-80 ; 1 - bobină cu suflaj ; 2 - plăci de suflaj magnetic ; 3 - contacte ; 4 - cameră de stingere.

Fig.8-5

Scanned with OKEN Scanner

Pentru acţionări de scurtă durată (max.1o s)se construieşte contactorul bipolar BC 6o . Tensiunea bobinei poate fi 11o sau 22o V.

Toate contactoarele de curent continuu sînt în aer.

8.2.5. C o n t a c t o r e d e c u r e n t a l t e r n a t i v .

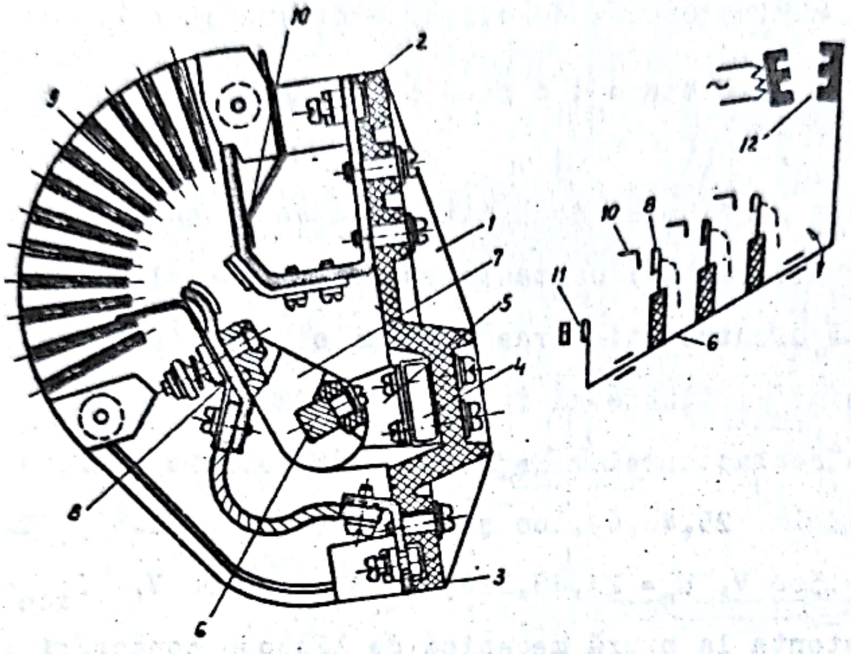
In ţară se fabrică două categorii de contactoare tripolare de curent alternativ: contactoare cu rotaţie şi contactoare cu translaţie .Pentru stingerea arcului sînt echipate cu camere deion şi sînt destinate să funcţioneze în aer.

Seria contactcarelor cu mişcare de rotaţie se face pentru curenţi nominali 25,4o,63,1oo şi 2oo A (CT.25, CT.63, CT.1oo şi CT.2oo),Un = 5oo V, U_s= 24,48,12o,22o,38o şi 5oo V, f_{con}=6oo con/h, rezistenţa la uzură mecanică de 12oooo conectări şi la uzura electrică de 12oooo conectări .In fig.8-6 se pot vedea elementele constructive . Pot închide şi deschide curenţi de maximum 8 I_n.

Contactoarele cu translaţie de construcţie indigenă formează serii unitare . De exemplu tipul AC 3 formează o serie unitară de la 1o la 2oo A.In fig.8-7 este reprezentat un astfel de contactor . Caracteristicile tehnice sînt : U_n = 5oo V,U_s=24;48; 12o;22ø ; 38o;5oo V, durata de viaţă mecanică 1o mil.pentru AC 3 de 1o A şi 5 mil. manevre pentru rest, uzura electrică de 1-9,3 mil.manevre, f_{con} = 6oo con/h, I_n = 1o,25, 4o,63; 1oo şi 2oo A . Pot rupe curenţi pînă la 8 In la cos φ=1.

Seria cu translaţie arecaracteristici superioare seriei cu rotaţie , construcţia mai simplă , uşor demontabilă.Ca neajunsuri are faptul că bobina se schimbă mai greu şi şocul puternic la închiderea contactoarelor.

Toate contactoarele noastre sînt contactoare în aer.



Contactor de curent alternativ cu rotație, tip CT-100 (tripolar 100 [A]):
1- suportul contactelor fixe; 2- borne de intrare; 3- borne de ieșire; 4- traversă metalică pentru asamblarea suporturilor; 5- lagăr; 6- axul de rotație al contactului mobil; 7- suportul contactului mobil; 8- contact mobil; 9- cameră de stingere; 10- contact fix; 11- contacte auxiliare; 12- electromagnet de acționare.

Fig.8-6

8.2.6. Alegerea contactoarelor

Alegerea contactoarelor reclamă o deosebită grijă. Iată criteriile care trebuie să stea la bază.

1. Felul sarcinii . Pentru curent continuu se fabrică 5 categorii : DC 1 la sarcini puțin inductive (cuptoare cu rezistență);

DC 2 (motoare derivație) ; DC 3 (motoare derivație la mers cu șocuri și inversări de sens).

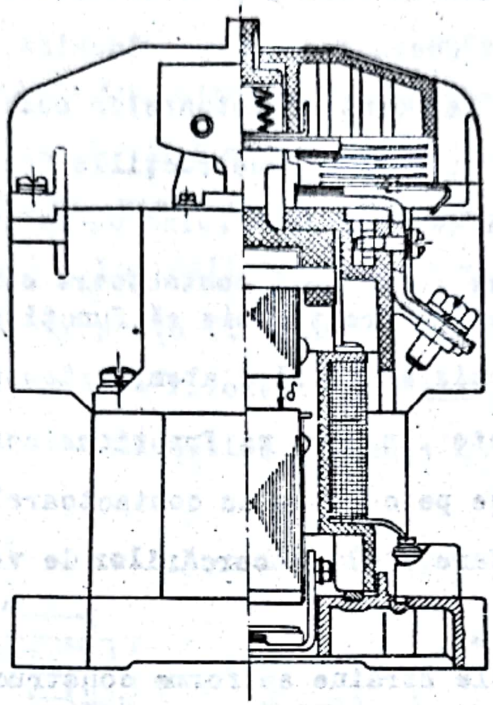


Fig.8-7

In curent alternativ se folosesc 4 categorii: AC 1 pentru sarcini neinductive (cuptoare cu rezistenţă); AC2 la motoare asincrone cu relee , AC3 la motoare asincrone în scurtcircuit şi AC4 pentru porniri cu şocuri şi inversări de sens.

2. Frecvenţa de conectare şi durata de viaţă . Frecvenţa de conectare a contactorului trebuie să fie superioară frecvenţei utilajului.Pentru a evita întreruperi de durată în sistemele automate trebuie să fie procurate din timp piesele de schimb(contacte, bobine etc.)necesare şi să fie prevăzut aproximativ momentul cînd contactorul trebuie revizuit sau schimbat, în funcţie de numărul aproximativ de manevre pe care le-a efectuat . Acest lucru este de multe ori neglijat,fapt care atrage prejudicii grave producţiei prin întreruperile care au loc.

3. Capacitatea de rupere . Contactoarele nu pot întrerupe

scurtcircuite.De aceea ele trebuie echipate cu siguranţe fuzibile corespunzătoare.Dacă se folosesc blocuri cu relee electromagnetice trebuie să se aibă în vedere posibilităţile de rupere ale contactorului.Obişnuit contactoarele pot închide sau deschide curenţii care pot apare la pornirea motoarelor adică,$(6-8)I_n$.

4.Durata de conectare.Construcţiile frecvente sînt cu duratele de conectare 40% sau 100% .Cînd nu se cunosc exact condiţiile de funcţionare,se preferă contactoare cu DC % = 100.

Bobina de acţionare trebuie să funcţioneze conform STAS 4479-61. Trebuie acordată o atenţie deosebită cunoaşterii condiţiilor concrete în care va funcţiona contactorul, a posibilităţilor tehnice pe care le au contactoarele (după cataloage, prospecte, îndreptare, etc)şi încercărilor de verificare a contactoarelor.

Contactoarele străine au forme constructive foarte variate , dar principiul acelaşi .Caracteristicile tehnice pot fi mult deosebite . Inlocuirea lor trebuie făcută cu prudenţă.

8.3. Contactoare cu relee

8.3.1. G e n e r a l i t ă ţ i

Deseori în exploatare contactoarele sînt asociate cu blocuri de relee termice (protecţie la suprasarcină) sau blocuri de relee termice şi electromagnetice (protecţie la scurtcircuite).

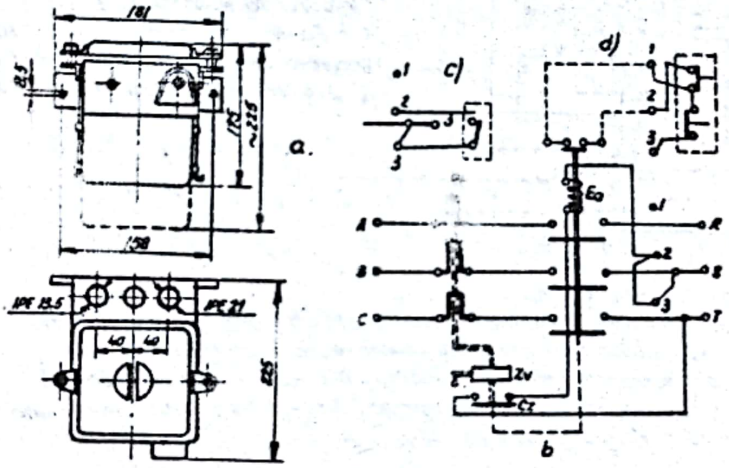
Pentru a reduce gabaritele, întreprinderile constructoare fabrică, cuprinzînd într-un ansamblu,contactorul şi relee de protecţie care poartă numele de contactor cu relee,folosit la protecţia motoarelor electrice.

Contactoarele cu relee pot avea numai relee termice sau şi relee electromagnetice . Dacă pot exista scurtcircuite puternice,trebuie montate cu siguranţe.

8.3.2.C o n t a c t o a r e c u r e l e e î n u l e i

Uleiul aduce unele avantaje:1) protecţie mărită a personalului;

2) gabarite reduse (rigiditatea uleiului mare comparativ cu aerul) ; 3) protecţie anticorozivă a pieselor metalice ;4) limitarea arcului în ulei , deci bune la medii explozive. Ca dezavantaje au : 1) pericol de incendiu; 2) necesitatea verificării periodice a uleiului; 3) uzură mai mare a contactelor.Fabricăm trei variante: DITU -25, DITU -63 şi DITU -1oo cu relee termice pentru seria curenţilor nominali 1-1oo A.In fig.8-8 este dat tipul DITU -25. Comanda poate fi făcută de pe aparat (fig.8-8) sau de la distanţă dacă se foloseşte o piesă de blocaj.Tipurile vechi aveau relee electromagnetice .Trebuie obligatoriu montate



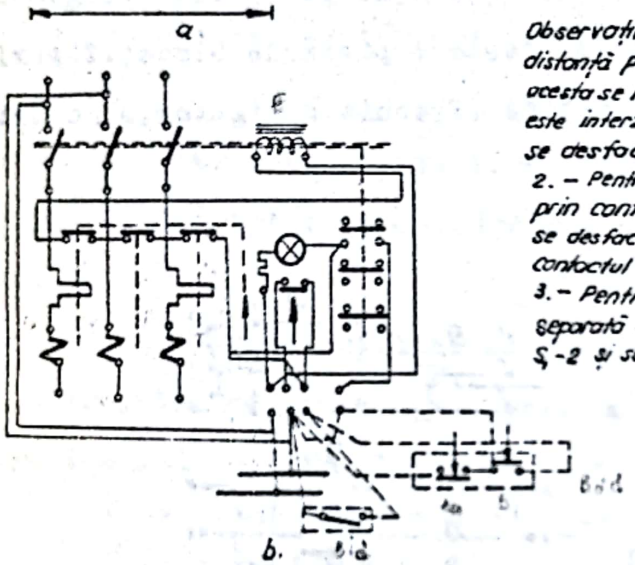
Contactor cu relee DITU – cod 3313: a – gabarit; b – schemă electrică pentru comanda de pe aparat; c – idem pentru comanda de la distanţă cu buton simplu închis – deschis; d – idem cu buton dublu de acţionare.

Fig.8-8

siguranţe fuzibile . Principalele caracteristici tehnice sînt: U_n=5oo V; U_s = 24; 48 ; 12o; 22o; 38o V ; durata de viaţă mecanică şi electrică looooo/5ooo manevre, f_{con} = 15o con/h . curentul de de deconectare 8 I_n etc. Domeniul de reglaj al releelor termice este (o,6 - 1) I_{releu} .

8.3.3. Contactoare cu relee în aer

Se fac în două variante : 1) cu relee termice ; 2) cu relee termice şi electromagnetice . In fig.8-9 este prezentat contactorul cu relee DITA -100 (disjunctor tripolar în aer de 100 A).In cazul motoarelor pot fi şi numai două bimetale ,deoarece motoarele neavînd nul,suprasarcina de pe o fază trebuie să se închidă prin celelalte faze.



Observaţii: 1- Pentru comanda de la distanţă prin buton dublu de acţionare acesta se leagă la bornele 2-3-4. Cînd este interzisă pornirea de pe aparat se desface puntea 2-4.
2. - Pentru comanda de la distanţă prin contact simplu închis-deschis, se desface puntea 2-4 şi se leagă contactul la bornele 2-3
3. - Pentru comanda de la sursă separată se desfac legăturile R-1 şi Ş-2 şi se leagă sursa la bornele 1-2

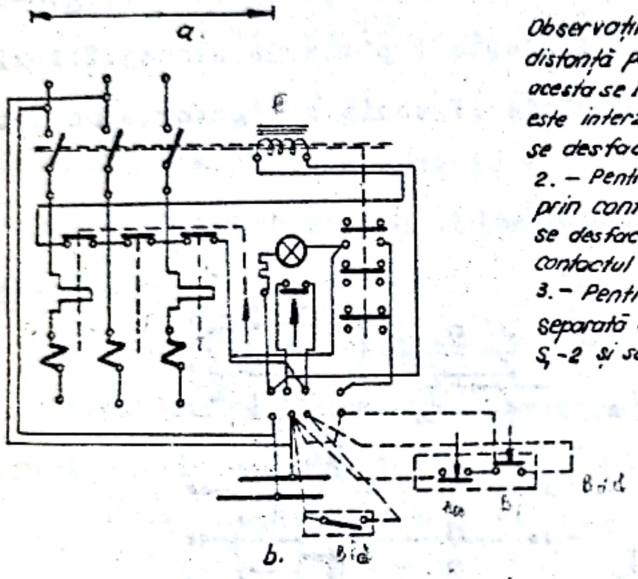
Contactor cu relee DITA 100 - cod. 3231; a- gabarit; b- schemă electrică; RST - borne intrare ; ABC - borne ieşire ; Rt - relee termice ; Rm - relee electromagnetice ; e - bobină ; Bid - buton închis - deschis ; Bi - buton închidere ; Bo - buton oprire ; Bdd - buton dublu de acţionare la distanţă ; 1-2-3-4 = conectoare .

Fig.8-9

Se fabrică în 5 gabarite (DITA 10;- 25;- 60;- 100 şi -200)cu relee termice pentru toată seria curenţilor standardizaţi 1-200 A şi cu relee electromagnetice pentru toate gabaritele cu excepţia lui DITA 10 .Se construiesc şi variante cu contactoare tip AC_3 - 10 ;-40 ; - 100; - 160 etc. Pentru mine de cărbuni şi cariere nisipoase se fabrică în construcţie antigrizutoasă - antideflagrantă tip AG-25, - 60; - 125 . Pentru medii cu pericol de explozie se fac contactoare cu relee în construcţie antiexplozivă - antideflagrantă. De asemenea, există contactoare cu relee cu reanclanşare tip CAR 200 , care după

8.3.3. Contactoare cu relee în aer

Se fac în două variante : 1) cu relee termice ; 2) cu relee termice şi electromagnetice . In fig.8-9 este prezentat contactorul cu relee DITA -100 (disjunctor tripolar în aer de 100 A).In cazul motoarelor pot fi şi numai două bimetale ,deoarece motoarele neavînd nul, suprasarcina de pe o fază trebuie să se închidă prin celelalte faze.



Observaţii: 1- Pentru comanda de la distanţă prin buton dublu de acţionare acesta se leagă la bornele 2-3-4. Cînd este interzisă pornirea de pe aparat se desface puntea 2-4.
2. - Pentru comanda de la distanţă prin contact simplu închis-deschis, se desface puntea 2-4 şi se leagă contactul la bornele 2-3
3. - Pentru comanda de la sursă separată se desfac legăturile R-1 şi Ş-2 şi se leagă sursa la bornele 1-2

Contactor cu relee DITA 100 - cod. 3231; a- gabarit; b- schemă electrică; RST - borne intrare ; ABC - borne ieşire ; Rt - relee termice ; Rm - relee electromagnetice ; e - bobină ; Bid - buton închis - deschis; Bi - buton închidere ; Bo - buton oprire ; Bdd - buton dublu de acţionare la distanţă ; 1-2-3-4 = conectoare.

Fig.8-9

Se fabrică în 5 gabarite (DITA 10;- 25;- 60;- 100 şi -200)cu relee termice pentru toată seria curenţilor standardizaţi 1-200 A şi cu relee electromagnetice pentru toate gabaritele cu excepţia lui DITA 10 .Se construiesc şi variante cu contactoare tip AC_3 - 10 ;-40 ; - 100; - 160 etc. Pentru mine de cărbuni şi cariere nisipoase se fabrică în construcţie antigrizutoasă - antideflagrantă tip AG-25, - 60; - 125 . Pentru medii cu pericol de explozie se fac contactoare cu relee în construcţie antiexplozivă - antideflagrantă. De asemenea, există contactoare cu relee cu reanclanşare tip CAR 200 , care după

dispariţia tensiunii se pot închide automat dacă apariţia tensiunii nu depăşeşte temporizarea reglată (15-2oo secunde).

Contactoarele cu relee în aer prezentate, au caracteristici similare cu contactoarele cu relee în ulei, dar pentru o gamă mai mare de curenţi şi pentru mai multe condiţii de exploatare.

Alegerea contactoarelor cu relee, se face analog ca şi la contactoare, cu deosebirea că trebuie acordată o atenţie deosebită pentru ca tipul ales să aibă releele de protecţie corespunzătoare, să fie corect reglate şi verificate . In caz contrar contactorul cu relee rămîne un simplu contactor.

La toate tipurile de contactoare şi contactoare cu relee electromagnetul de acţionare îndeplineşte şi funcţia de releu de tensiune nulă (la dispariţia tensiunii deschide circuitele).

8.4. Intreruptoare automate

8.4.1. Generalităţi

Se folosesc la protecţia reţelelor de distribuţie şi a motoarelor electrice. Construcţiile actuale sînt în general de tipul disjunctor (declanşare automată), închiderea făcîndu-se manual sau cu electromagnet de acţionare de la distanţă. Spre deosebire de contactoare , întreruptoarele automate sînt menţinute în poziţia închis de un mecanism de zăvorîre (broască) asupra căruia acţionează releele şi posedă capacitatea de a întrerupe: scurtcircuite puternice, avînd însă frecvenţă redusă de conectare.

Posedă următoarele relee de protecţie : termice pentru suprasarcini, electromagnetice pentru scurtcircuite şi un releu de tensiune care în varianta pentru linii poate servi ca declanşator de la distanţă, iar în varianta pentru motoare ca releu de tensiune nulă. După declanşarea prin relee , pentru o nouă închidere trebuie făcută o rearmare manuală .

8.4.2. Intreruptoare automate în aer

Fabricăm un singur tip de întreruptor automat monopolar în aer de 380 V/15 A, cu relee electromagnetice de 6-10-15 A. (reglaj fix la 8 I_n) şi cu relee termice de 6-10-15 A, avînd capacitatea de rupere 240 A.

Pentru linii şi motoare trifazate se produc întreruptoare automate în aer cu relee pentru curenţii standardizaţi în domeniul 100 - 1000 A tipurile AMT - 200 , AMT - 400, DITA -350 şi DITA - 1000 , în variante fără sau cu electromagnet de acţionare.

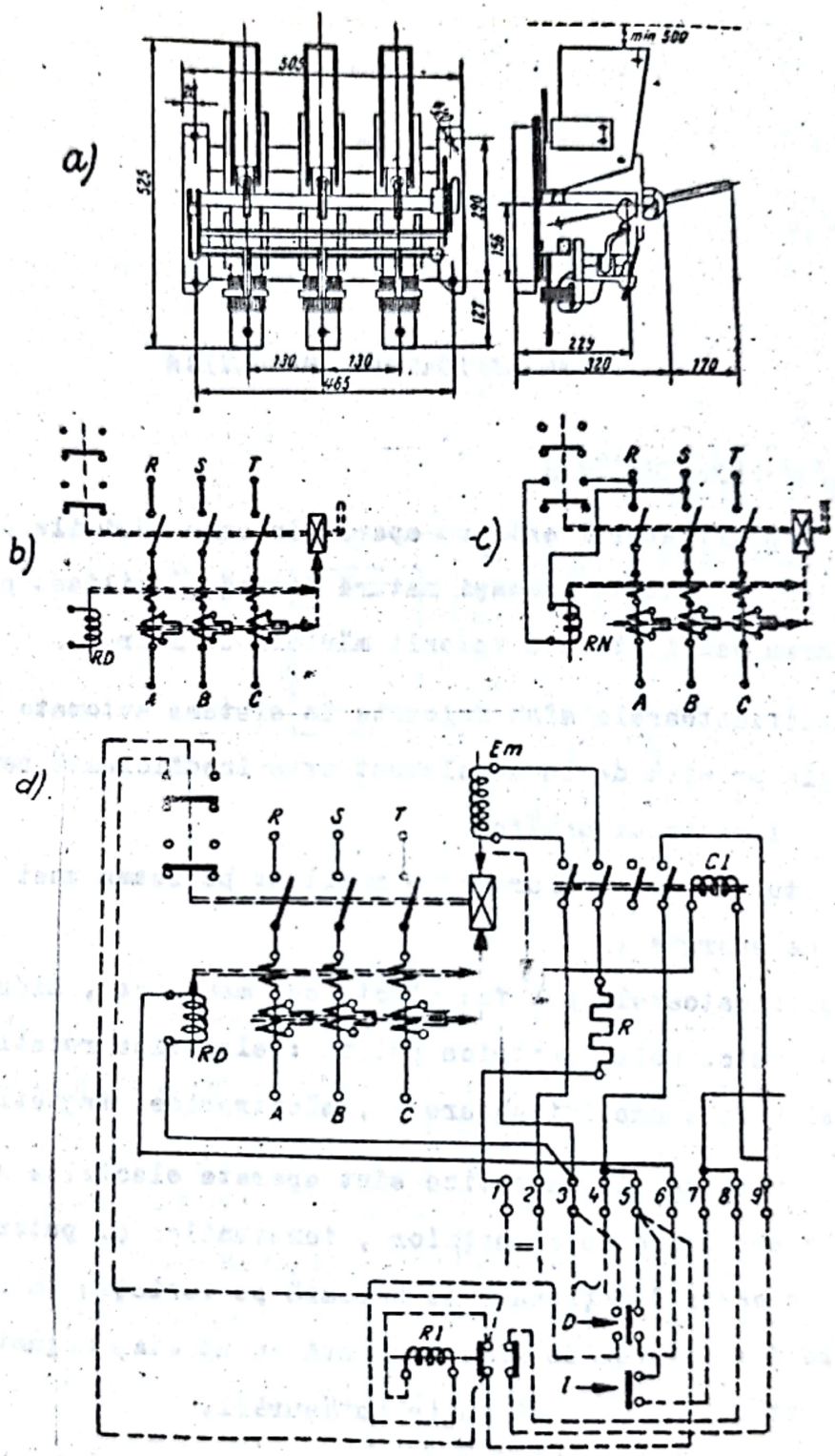
In fig.8-10 este reprezentat DITA -1000 cu schemele electrice pentru varianta motor şi linie fără electromagnet de acţionare şi cu electromagnet de acţionare numai pentru linii. Varianta cu electromagnet diferă de cea fără prin existenţa acestui electromagnet şi a circuitelor care-l comandă. Electromagnetul funcţionează în curent continuu în regim de scurtă durată.

Pentru circuite de curent continuu noi construim doar un singur tip folosit în tracţiune . In exploatare se pot întîlni însă foarte multe tipuri.

Intreruptoarele automate în aer mai pot fi acţionate şi cu servomotoare sau electropneumatic.

8.4.3. Intreruptoare automate în ulei .

Fabricăm întreruptorul automat în ulei , de 1 kV şi 350 A tip CITUC - 1/350 pentru regiuni petroliere şi tipul CITUC - 6/350 pentru exploatări carbonifere .Sînt pentru gama de curenţi 10-350 A. Ultimul poate fi inclus la aparate electrice de înaltă tensiune.



Întreruptor automat pentru 1000 A; a- dimensiuni; b)- schema electrică pentru DITA-1000 (L); -idem pentru DITA 1000 (M); c-idem pentru DITA-1000 (L) cu electromagnet de acționare; RN-releu de tensiune minimă; RD-releu de declanșare; RI-releu intermediar pentru a semnaliza declanșarea prin relee. Când nu se montează se scurtcircuitează bornele 8-9; D și I-buton dublu de comandă de la distanță; 3-4-bornele de alimentare de la sursă separată sau de la bornele întrerupătorului

Fig.8-10

9. AMPLIFICATOARE MAGNETICE

9.1. Generalităţi

Amplificatorul este un aparat în care mărimile de intrare şi ieşire sînt de aceeaşi natură fizică . utilizat pentru transformarea cantitativă a valorii mărimii de intrare.

Amplificatoarele sînt folosite în sisteme automate atunci cînd energia primită de la un element este insuficientă pentru acţionarea elementului următor.

Efectul de amplificare este realizat pe seama unei surse auxiliare de energie .

Amplificatoarele pot fi: electrice, mecanice , hidraulice, pneumatice . etc. Cele electrice pot fi : electrice rotative (maşini electrice amplificatoare) , electronice, magnetice.

Amplificatoarele magnetice sînt aparate electrice statice folosite la amplificarea curenţilor , tensiunilor şi puterilor electrice. a căror funcţionare se bazează pe variaţia inductanţei unei bobine cu miez de fier obţinută cu un cîmp magnetic continuu generat de una sau mai multe înfăşurări.

Se construiesc amplificatoare monofazate sau trifazate. Cele monofazate pot fi cu un singur circuit magnetic sau cu două circuite magnetice.

Scanned with OKEN Scanner

9.2. Amplificatoare magnetice monofazate.

9.2.1. Amplificatorul magnetic cu un singur circuit magnetic.

Amplificatorul este format principial din trei părţi (fig.9-1):

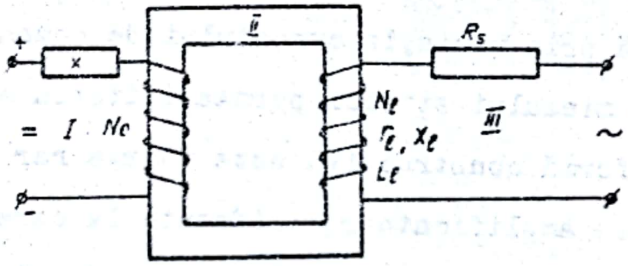


Fig.9-1.

1) circuitul de comandă alimentat obişnuit în curent continuu, cu înfăşurarea cu număr mare de spire Nc şi avînd în serie o bobină de reactanţă (x_c) pentru limitarea curentului alternativ produs de f.e.m. indusă în circuitul de comandă ; 2) miezul din tole silicioase sau speciale; 3) circuitul de sarcină sau de lucru şi sarcină în serie, alimentate în curent alternativ.

Reactanţa înfăşurării de lucru este :

$$X_\ell = \omega L_\ell = \omega \frac{N_\ell \Delta\phi}{\Delta I} .$$

Dar întrucît se poate scrie că :

$$\Delta\phi = \Delta B.S = \mu \Delta HS \text{ şi } N_\ell . \Delta I = \Delta H . \ell \text{ sau } \Delta I = \frac{\Delta_H \ell}{N_\ell} ,$$

prin înlocuire se obţine :

$$x_\ell = \frac{\omega \cdot s \cdot N_\ell^2}{\ell} \cdot \mu = K\mu \text{ sau } x_\ell = f(\mu).$$

Conform legii lui Ohm, curentul de sarcină este :

$$I_s = \frac{U}{\sqrt{(r_\ell + r_\ell)^2 + (x_\ell + x_\ell)^2}}$$

In ipoteza că U, r_ℓ, R_s şi x_s sînt practic constante rezultă că $I_s = f(x_\ell) = F(\mu)$, adică putem obţine variaţia curentului de sarcină prin variaţia curentului de comandă care modifică magnetizarea miezului şi deci permeabilitatea magnetică .

Această formă constructivă este foarte rar folosită ca atare , doar în unele amplificatoare trifazate la care bobina de şoc din circuitul de comandă nu mai este necesară. Eliminarea bobinei de şoc din circuitul de comandă poate fi realizată folosind două circuite magnetice, construcţie adaptată şi la noi în ţară pentru seriile noastre unitare de amplificatoare magmetice.

9.2.2. A m p l i f i c a t o r u l m a g n e t i c c u d o u ă m i e z u r i .

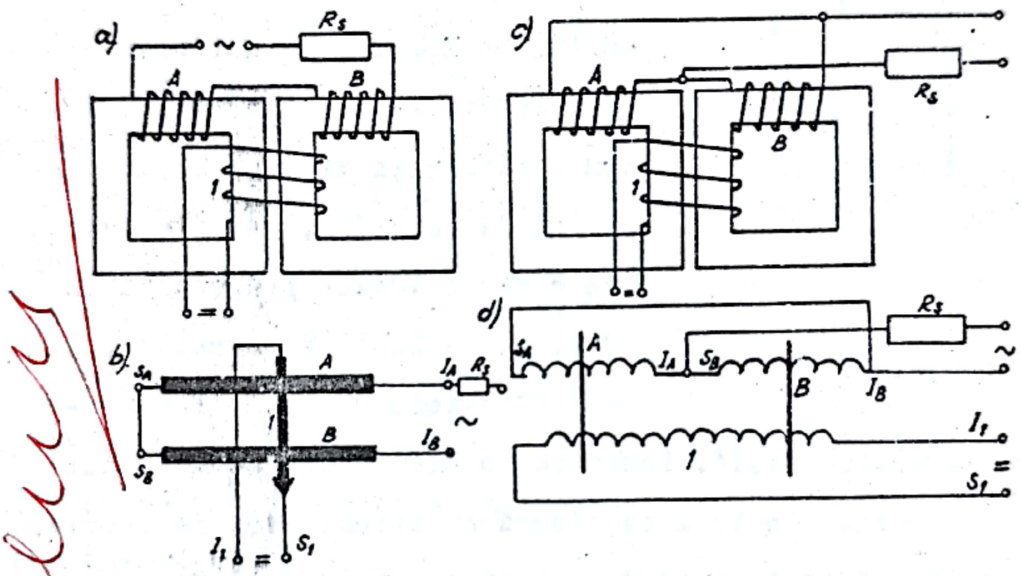
Evitarea apariţiei curentului alternativ în înfăşurarea de comandă se obţine prin :

1. Divizarea înfăşurărilor de lucru şi de comandă în cîte două bobine identice situate pe cele două miezuri şi înserierea bobinelor de comandă în opoziţie (antiserie) astfel ca f.e.m. rezultanta indusă să fie nulă , iar bobinele de lucru fiind legate normal în serie sau paralel (amplificator serie sau paralel). Se poate proceda şi invers ;

2. Divizarea numai a înfăşurării de lucru în două bobine identice situate pe cele două miezuri şi legate în opoziţie

(antiserie sau antiparalel) , iar înfăşurarea de comandă, unică, bobinată pe ambele miezuri, astfel încît fluxul rezultat alternativ care o străbate să fie nul (fig.9 - 2).

Ultimul procedeu este adoptat şi la amplificatoarele construite în ţară. In fig.9-2 sînt date scheme de principiu împreună cu reprezentările simbolice folosite în forma veche şi nouă.



Amplificatoare magnetice cu 2 circuite magnetice : a) tip serie ; c - tip derivaţie ; b şi d - scheme simbolice variantă veche şi nouă ; I - început ; S - sfîrşit ; A-B - înfăşurări de lucru ; 1....n - înfăşurări de comandă .

Fig.9 - 2

Calităţile amplificatoarelor sînt strîns legate de calităţile materialului feromagnetic al miezului . De exemplu, este mult folosită tola laminată la rece permaloi , etc , de dorit ca materialul magnetic să aibă caracteristica de magnetizare B = f(H) cît mai apropiată de forma ideală (fig.9-3), adică permeabilitatea foarte mare şi saturaţie bruscă. Materialele folosite în prezent au caracteristica foarte apropiată de forma ideală.

C a r a c t e r i s t i c a i n t r a r e - i e ş i r e.

Această caracteristică reprezintă funcţia $I_s=f(I_c)$, adică curba variaţiei curentului de sarcină în funcţie de curentul de comandă, tensiunea de alimentare şi rezistenţa de sarcină fiind constante . Pentru condiţii ideale (caracteristică de magnetizare ideală, rezistenţa circuitului de comandă raportată la circuitul de lucru mult mai mică decît rezistenţa circuitului de lucru , analog şi tensiunea din circuitul de comandă), caracteristica are o formă ideală prezentată în fig.9-4 cu linii întrerupte , iar amplificatorului real îi corespunde caracteristica reală. Deoarece porţiunea caracteristicii reale folosite coincide în mare măsură cu caracteristica ideală, aceasta permite să se facă studiul teoretic mai simplificat şi uşurează proiectarea amplificatoarelor .

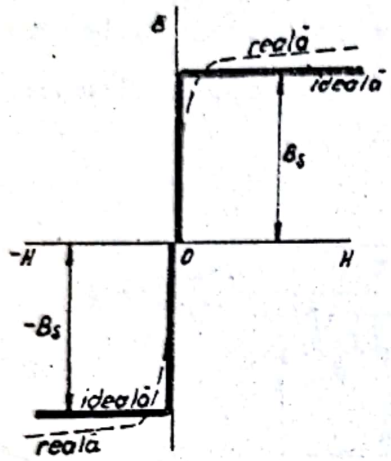


Fig.9-3

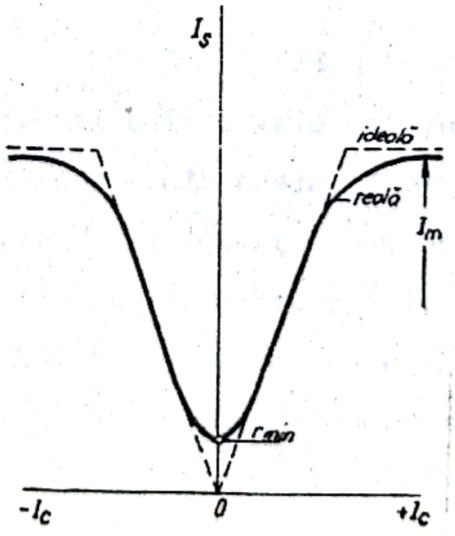


Fig.9-4

C o e f i c i e n ţ i d e a m p l i f i c a r e .

Parametrii cei mai importanţi ai amplificatorului sînt coeficienţii de amplificare .

Coeficientul de amplificare în curent reprezintă raportul creşterii curentului de sarcină la creşterea corespunzătoare a curentului de comandă :

$$K_I = \frac{\Delta I_s}{\Delta I_c},$$

care este numit uneori coeficient de amplificare dinamic în curent.

Dacă miezurile au caracteristica de magnetizare ideală, atunci :

$$K_I = \frac{I_s}{I_c} = \frac{N_c}{N_\ell},$$

pe baza egalităţii f.m.m la amplificatorul ideal ($I_s N_s = I_c N_c$). Sub această formă coeficientul poartă numele de coeficient de amplificare static .

Coeficientul de amplificare în tensiune:

$$K_u = \frac{\Delta U_s}{\Delta U_c} = \frac{\Delta I_s}{\Delta I_c} \cdot \frac{R_s}{R_c}.$$

Pentru caracteristica ideală avem:

$$K_u = \frac{U_s}{U_c} = \frac{I_s}{I_c} \cdot \frac{R_s}{R_c} = \frac{N_c}{N_\ell} \cdot \frac{R_s}{R_c}.$$

Coeficientul de amplificare în putere :

$$K_p = \frac{\Delta P_s}{\Delta P_c} = \frac{\Delta I_s^2}{\Delta I_c^2} \cdot \frac{R_s}{R_c}.$$

In cazul caracteristicii ideale, devine :

$$K_p = \frac{P_s}{P_c} = \frac{R_s I_p^2}{R_c I_c^2} = \left(\frac{N_c}{N_s}\right)^2 \frac{R_s}{R_c}.$$

Aceste relaţii pun în evidenţă parametrii asupra cărora trebuie să acţionăm pentru a schimba coeficienţii de amplificare.

Amplificator magnetic cu înfăşurare de polarizare. Dacă alături de înfăşurarea de comandă, aşezată la fel, se foloseşte o altă înfăşurare în care curentul ce o parcurge este menţinut constant (I_p = ct) , această înfăşurare se numeşte înfăşurare de polarizare şi are ca efect deplasarea caracteristicii intrare - ieşire (fig. 9-5,a). Acest lucru poate fi folosit la mărirea amplificării .Dacă se ia polarizarea negativă, deplasarea are loc invers.

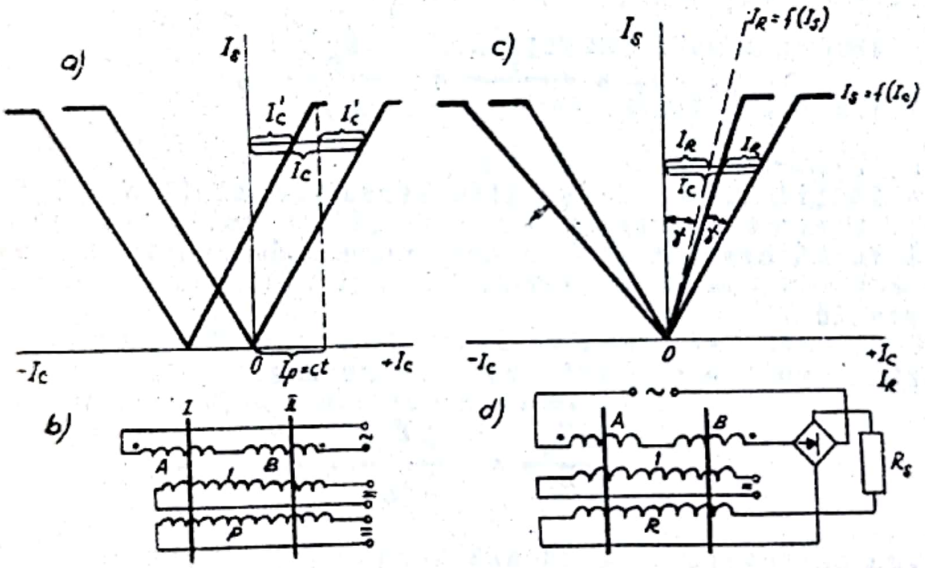


Fig.9-5

Amplificator magnetic cu reacţie externă . Dacă a doua înfăşurare de comandă este parcursă de un curent (I_R) proporţional cu sarcina , fiind în paralel sau în serie cu aceasta, (fig.9-5,d) , atunci poartă numele de înfăşurare de reacţie (externă) şi are ca efect rotirea caracteristicii intrare - ieşire (fig.9-5,c). Sensul de rotire depinde de sensul pozitiv sau negativ al reacţiei.

Reacţia poate duce la mărirea considerabilă a amplificării

Din legea egalităţii f.m.m :

$$I_\ell N_\ell = I_c N_c \mp I_R N_R ,$$

putem deduce :

$$I_\ell \left(1 \pm \frac{N_R}{N_\ell} \right) = I_c \frac{N_c}{N_\ell} \quad \text{sau}$$

$$\frac{I_s}{I_c} = \frac{N_c}{N_\ell} \cdot \frac{1}{1 \pm \frac{N_R}{N_\ell}} .$$

Raportul N_R/N_ℓ se numeşte coeficient de reacţie (K_R). Atunci, coeficientul de amplificare în curent al amplificatorului cu reacţie devine :

$$K_{IR} = \frac{K_I}{1 - K_R} .$$

Coeficientul de amplificare în tensiune este :

$$K_{UR} = K_{IR} \frac{R_s}{R_c} = \frac{K_U}{1 - K_R} .$$

Coeficientul de amplificare în putere va fi :

$$K_{PR} = K_{IR} \cdot K_{UR} = \frac{K_p}{(1 - K_R)^2} .$$

Cu cît coeficientul de reacţie este mai mare, cu atît amplificarea este mai puternică.

Cînd $K_R > 1$ caracteristica intrare - ieşire devine o caracteristică de releu , iar amplificatorul devine releu magnetic fără contacte cu numeroase aplicaţii industriale.

9.2.3. A m p l i f i c a t o r u l m a g n e t i c c u a u t o s a t u r a r e .

Amplificatorul magnetic cu un singur miez are o serie de neajunsuri care-l fac practic neutilizabil . In schimb cel cu

două miezuri este frecvent folosit . In ţara noastră seriile unitare sînt fabricate să funcţioneze cu autosaturare.

Principiul autosaturarea constă în folosirea înfăşurărilor de lucru simultan ca înfăşurări de reacţie .Se obţin aceleaşi avantaje ca şi la amplificatorul cu reacţie, cu economie de cupru.

Există multe scheme, atît pentru sarcină în curent continuu , cît şi în alternativ. In fig.9-6,a este dată cea mai simplă schemă .

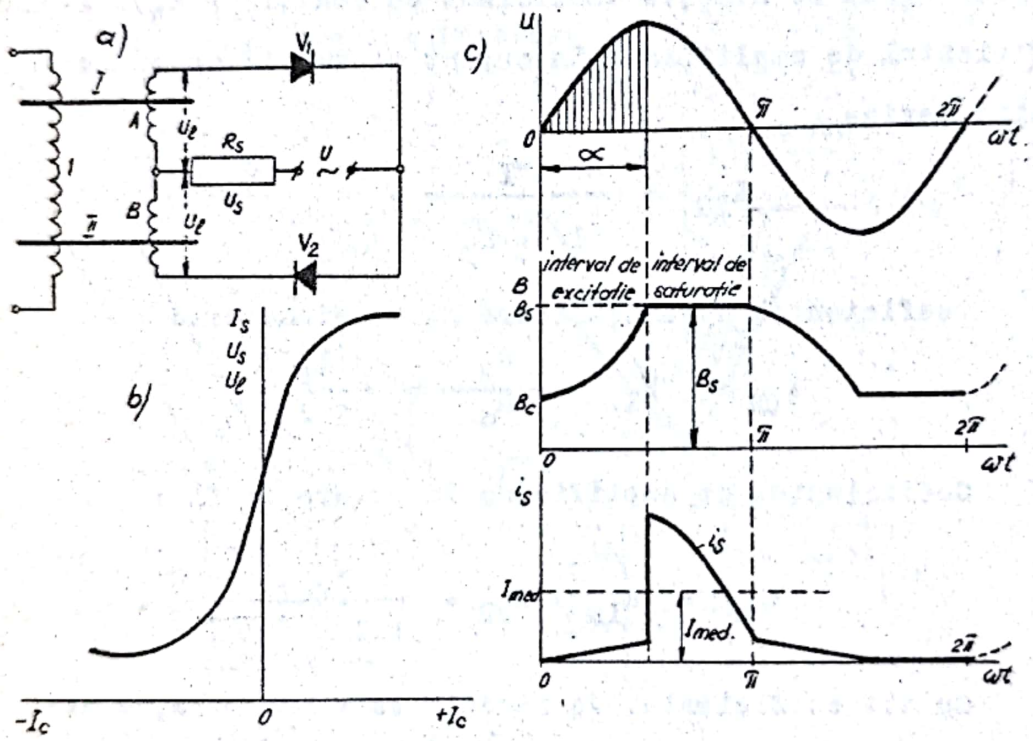


Fig. 9-6

Caracteristica intrare - ieşi redă funcţia $I_s = f(I_c)$ sau $U_s = f(I_c)$, $U_\ell = f(I_c)$ şi apare ca în fig.9-6,b. Cu ajutorul fig. 9-6,a şi c se poate lămuri cum funcţionează amplificatorul.

Cu ventilele V_1 şi V_2 se separă alternanţele tensiunii de alimentare, astfel încît ,de exemplu, alternanţele pozitive sînt aplicate numai înfăşurării de lucru A şi cele negative înfăşurării de lucru B . Să urmărim ce se întîmplă în semiperioada pozi-

două miezuri este frecvent folosit . In ţara noastră seriile unitare sînt fabricate să funcţioneze cu autosaturare.

Principiul autosaturarea constă în folosirea înfăşurărilor de lucru simultan ca înfăşurări de reacţie .Se obţin aceleaşi avantaje ca şi la amplificatorul cu reacţie, cu economie de cupru.

Există multe scheme, atît pentru sarcină în curent continuu , cît şi în alternativ. In fig.9-6,a este dată cea mai simplă schemă .

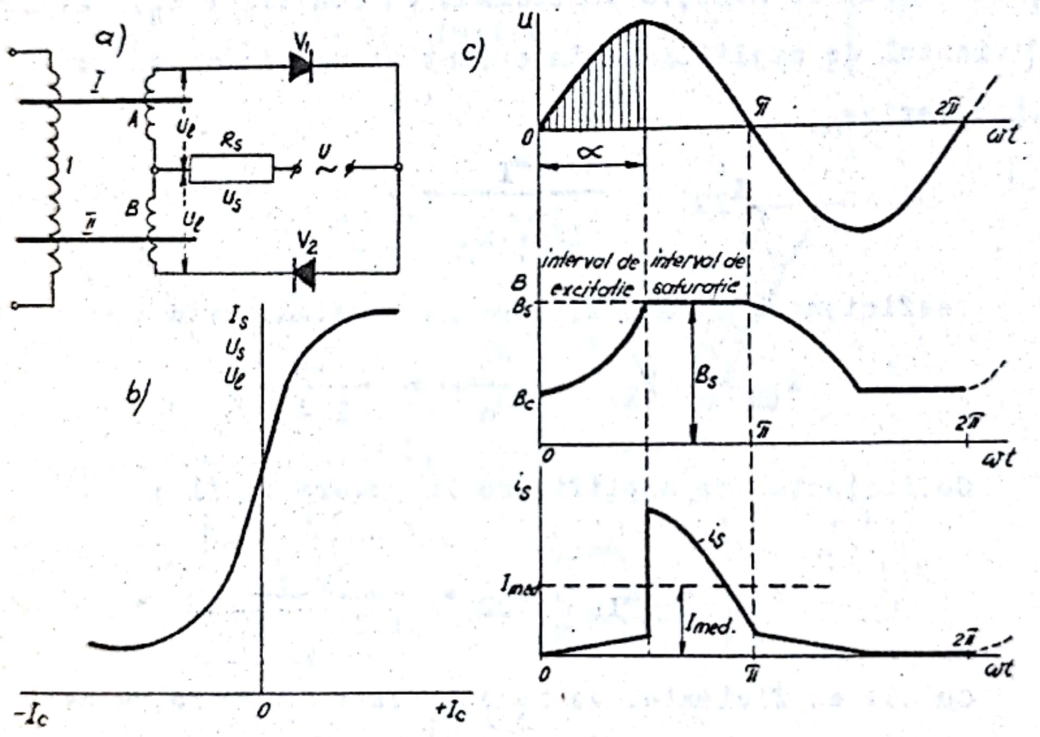


Fig. 9-6

Caracteristica intrare - ieşi redă funcţia $I_s = f(I_c)$ sau $U_s = f(I_c)$, $U_\ell = f(I_c)$ şi apare ca în fig.9-6,b. Cu ajutorul fig. 9-6,a şi c se poate lămuri cum funcţionează amplificatorul.

Cu ventilele V_1 şi V_2 se separă alternanţele tensiunii de alimentare, astfel încît,de exemplu,alternanţele pozitive sînt aplicate numai înfăşurării de lucru A şi cele negative înfăşurării de lucru B . Să urmărim ce se întîmplă în semiperioada pozi-

tivă a tensiunii .Presupunem că înfăşurarea de comandă este parcursă de curent şi creează o inducţie iniţială în miez B_0.Datorită creşterii tensiunii de alimentare,inducţia variază pînă atinge saturaţia ($B_0 \longrightarrow B_s$). In acest interval, numit de excitaţie , permeabilitatea magnetică este foarte mare, inductanţa bobinei A la fel de mare în raport cu rezistenţa de sarcină R_s cu care este înseriată şi întreaga tensiune de alimentare se aplică înfăşurării A,curentul fiind teoretic zero şi practic o valoare foarte mică.Cînd s-a atins saturaţia , în intervalul de saturaţie , teoretic inductanţa bobinei devine nulă, întreaga tensiune rămîne aplicată pe rezistenţa de sarcină şi circuitul este parcurs de un curent limitat numai de rezistenţa R_s. In semiperioada următoare ventilul V_1 întrerupe alimentarea înfăşurării A, miezul I încetează funcţionarea şi intră în funcţiune al doilea miez care se comportă analog cu primul, în a doua perioadă. Curentul variază în rezistenţa de sarcină sub forma unor impulsuri înregistrate de ampermetru ca o valoare medie ce poate fi exprimată cu relaţia :

$$I_{med} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \frac{\sqrt{2}\ U \sin \omega t}{R_s}\ d\omega t = \frac{\sqrt{2}U}{\pi R_s}(1+\cos\alpha).$$

Rezultă că valoarea curentului mediu depinde de unghiul de saturaţie α care poate fi modificat prin variaţia curentul de comandă . Rezultă teoretic că amplificatorul se comportă ca un element ce reţine un timp reglabil tensiunea de alimentare pe el.

In timpul saturaţiei curentul în circuitul de lucru este limitat numai de rezistenţa de sarcină R_s şi a înfăşurării de lucru r_ℓ, adică:

$$I_s = \frac{U}{R_s + r_\ell}.$$

Puterea absorbită de la sursă va fi :

$$P_s = I_s^2 (R_s + r_\ell) .$$

Puterea degajată în rezistenţa sarcinii va fi :

$$P_s = I_s^2 P_s = \frac{U_s^2}{R_s} .$$

Rezultă expresia randamentului amplificatorului :

$$\eta = \frac{P_s}{P_a} = \frac{R_s}{r_\ell} = \frac{R_s I_s}{r_\ell I_s} = \frac{U_s}{U} .$$

Din ultimele două relaţii rezultă :

$$P_s = \eta \frac{U^2}{R} = \eta (1 - \eta) \frac{U^2}{r_\ell^2} .$$

Dacă U şi r_ℓ sînt constante, atunci rezultă că $P_s = f(\eta)$ are valoarea maximă pentru $\eta = 0{,}5$ / $\eta (1-\eta) = \max.$ /, adică puterea maximă pe sarcină apare cînd rezistemţa sarcinii este egală cu a înfăşurării. Practic această situaţie ar duce la solicitări termice mari ale înfăşurărilor de lucru şi de aceea se lucrează cu $\eta > 0{,}5$, alegînd $R_s \geqslant 3\ r_\ell$.

In cazul acestui amplificator tensiunea pe înfăşurarea de lucru are expresia:

$$U_\ell = U - 2f N_\ell S \Delta B_c ,$$

unde $\Delta B_c = B_s - B_c$; cum B_c este determinat de I_c, reiese că U_ℓ este determinată de I_c. Acelaşi lucru se poate spune despre tensiunea U_s:

$$U_s = \eta U_\ell = \eta (U - 2 f N_\ell S \Delta B_c) .$$

Panta caracteristicii intrare- ieşire, $U_s = f(I_c)$, se defineşte prin raportul :

$$P_s = I_s^2 (R_s + r_\ell) .$$

Puterea degajată în rezistenţa sarcinii va fi :

$$P_s = I_s^2 P_s = \frac{U_s^2}{R_s} .$$

Rezultă expresia randamentului amplificatorului :

$$\eta = \frac{P_s}{P_a} = \frac{R_s}{r_\ell} = \frac{R_s I_s}{r_\ell I_s} = \frac{U_s}{U} .$$

Din ultimele două relaţii rezultă :

$$P_s = \eta \frac{U^2}{R} = \eta (1 - \eta) \frac{U^2}{r_\ell^2} .$$

Dacă U şi r_ℓ sînt constante, atunci rezultă că $P_s = f(\eta)$ are valoarea maximă pentru $\eta = 0{,}5$ /$\eta (1-\eta) = \max$, /, adică puterea maximă pe sarcină apare cînd rezistemţa sarcinii este egală cu a înfăşurării. Practic această situaţie ar duce la solicitări termice mari ale înfăşurărilor de lucru şi de aceea se lucrează cu $\eta > 0{,}5$, alegînd $R_s \geqslant 3\ r_\ell$.

In cazul acestui amplificator tensiunea pe înfăşurarea de lucru are expresia:

$$U_\ell = U - 2f N_\ell S \Delta B_c ,$$

unde $\Delta B_c = B_s - B_c$; cum B_c este determinat de I_c, reiese că U_ℓ este determinată de I_c. Acelaşi lucru se poate spune despre tensiunea U_s:

$$U_s = \eta U_\ell = \eta (U - 2 f N_\ell S \Delta B_c) .$$

Panta caracteristicii intrare- ieşire, $U_s = f(I_c)$, se defineşte prin raportul :

$$K_R = \frac{\partial U_s}{\partial I_c} \approx \frac{\Delta U_s}{\Delta I_c} .$$

Inlocuind pe U_s, vom avea:

$$K_R = \frac{\partial \eta (U - 2f N_\ell S \Delta B_c)}{\Delta I_c} = - 2f \eta N_\ell S \frac{\partial \Delta B_c}{\partial I_c} .$$

Dar;

$$I_c = \frac{H_c \ell}{N_c} \quad \text{şi}$$

$$K_R = 2 f \eta N_\ell \cdot N_c \frac{S}{\ell} \left| \frac{\partial (\Delta B_c)}{\partial H_c} \right| .$$

Dacă notăm cu $\mu_a = \partial (\Delta B_c) / \partial H_c$, atunci se poate defini reactanţa de autosaturare cu expresia :

$$x_a = \omega L_a = \omega \frac{N_\ell^2 S}{\ell} \mu_a .$$

Final rezultă panta :

$$K_R = \frac{1}{\pi} \cdot \eta \cdot x_a \cdot \frac{N_c}{N_\ell} ,$$

adică panta este proporţională cu produsul dintre randament, reactanţa x_a şi raportul N_c / N_ℓ.

Coeficientul de amplificare în curent devine:

$$K_I = \frac{\Delta I_s}{\Delta I_c} = \frac{\Delta I_s \cdot R_s}{\Delta I_c \cdot R_s} = \frac{\Delta U_s}{\Delta I_c R_s} = \frac{K_R}{R_s} = \frac{1}{\pi} \eta \frac{x_a}{R_s} \cdot \frac{N_c}{N_\ell} .$$

Coeficientul de amplificare în tensiune va fi :

$$K_U = \frac{\Delta U_s}{\Delta U_c} = \frac{\Delta U_s}{\Delta I_c R_c} = \frac{K_R}{R_c} .$$

Coeficientul de amplificare în putere rezultă :

$$K_p = K_I \cdot K_U = \frac{K_R^2}{R_c R_s} .$$

In exploatare o importanţă mare o are cunoaşterea influenţei diferiţilor factori asupra funcţionării amplificatorului magnetic.

Materialele circuitelor magnetice trebuie să aibă caracteristica de magnetizare cît mai apropiată de forma ideală .Abaterea măreşte curentul de comandă necesar.

Ventilele influenţează funcţionarea . Rezistenţa lor directă se adaugă la rezistenţa înfăşurării de lucru, diminuînd randamentul , iar rezistenţa lor inversă(nefiind infinită) permite trecerea unui curent invers care are drept consecinţă micşorarea tensiunii şi curentului sarcinii (indirect necesitatea măririi curentului de comandă). De aceea se preferă redresoare cu siliciu sau germaniu.

De asemenea,tensiunea de alimentare influenţează funcţionarea .

Tensiunea la bornele sarcinii

$$U_s = \eta \, (U - 2f N_c S \Delta B_c) ,$$

pentru un curent de comandă constant ($\Delta B_c = ct$) , depinde de tensiunea de alimentare . Variaţiile tensiunii de alimentare provoacă variaţii ale tensiunii de sarcină , fapt care impune în exploatare alimentarea amplificatoarelor autosaturate prin stabilizatoare de tensiune . La amplificatoare fără autosaturaţie tensiunea la bornele sarcinii nu este influenţată de tensiunea de alimentare într-un domeniu relativ mare de variaţie a acesteia.

Influenţa rezistenţei de sarcină .Expresia tensiunii de sarcină poate fi scrisă astfel :

$$U_s = \frac{1}{1 + \frac{R_{ventil} + r_\ell}{R_s}} (U - 2 f N_\ell S \Delta B_c).$$

Se vede clar că creşterea lui R_s duce la creşterea tensiunii U_s, dar cum $R_s \gg R_{ventil} + r_\ell$, această influenţă este redusă .

Curentul de sarcină , $I_s = U_s/R_s$, variază invers proporţional cu rezistenţa de sarcină.

Amplificatorul magnetic are inerţie în funcţionare .Intîrzierea minimă în acţionare poate fi de 1-2 semiperioade ale frecvenţei tensiunii de alimentare şi poate creşte pînă la ordinul secundelor. Pentru a obţine amplificatoare cu acţiune rapidă frecvenţa sursei de alimentare se măreşte (500 - 1000 Hz).Această mărire duce şi la o reducere a gabaritelor. Există numeroase scheme de amplificatoare magnetice de acţionare rapidă.

9.2.4. A m p l i f i c a t o a r e d i f e r e n ţ i a l e

Amplificatoarele descrise au unele neajunsuri:

1) Curentul de sarcină nu trece prin zero (I_{min}) cînd curentul de comandă se anulează (fig.9-4).

2) Schimbarea polarităţii curentului de comandă nu atrage schimbarea fazei curentului de sarcină cu 180° sau schimbarea sensului (sarcină de curent continuu).

Aceste neajunsuri pot fi înlăturate cu un montaj diferenţial a două amplificatoare (fig.9-7a), a două amplificatoare autosaturate sau a două amplificatoare cu reacţie internă.Montajul diferenţial este folosit la acţionarea motoarelor electrice . Se observă că înfăşurările de lucru debitează pe o sarcinnă comună, că au înfăşurările de comandă legate în serie şi cele de polarizare antiserie pentru a deplasa caracteristicile

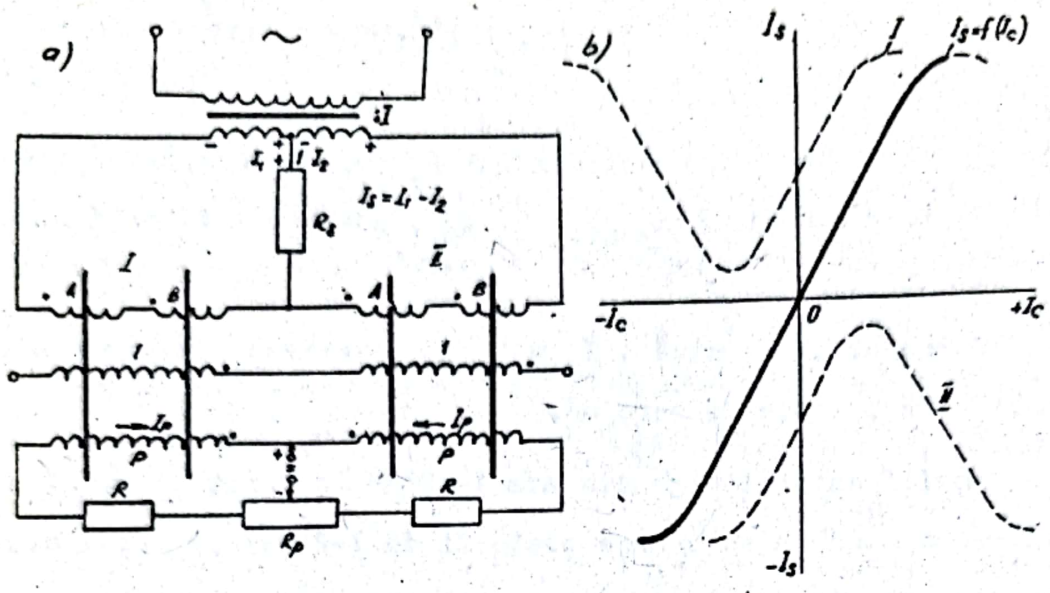


Fig. 9 - 7

în sensuri contrare ca să se obţină caracteristica din fig. 9-7,b. Sarcina comună atrage influenţa reciprocă a amplificatoarelor fapt ce poate fi atenuat folosind rezistenţe sau evitînd legătura galvanică între amplificatoare, de exemplu, prin construirea motorului cu două înfăşurări identice astfel încît sumarea efectelor să se realizeze prin cîmpul magnetic.

Dacă $I_p = 0$, atunci $I_s = I_1 - I_2 = 0$ pentru orice curent de comandă şi numai pentru $I_p \neq 0$ se poate obţine caracteristica dorită.

9.2.5. R e l e e m a g n e t i c e

R e l e u l m a g n e t i c p e b a z a a m p l i f i c a t o r u l u i c u r e a c ţ i e e x t e r n ă . Dacă coeficientul de reacţie respectă inegalitatea $K_R > 1$, amplificatorul funcţionează în " regim de releu " sau prezintă efect de releu , adică are caracteristica de intrare - ieşire de forma caracteristicii din fig.8-12 la care în loc de y=o se obţine $y = y_{min}$ (I_{smin}) . Acest lucru nu incomodează prea

mult , deoarece cu miezuri speciale (permaloi) se poate obţine $I_{max}/I_{min} \geqslant 100$.

R e l e u m a g n e t i c p e b a z a a m p l i f i c a t o r u l u i c u a u t o s a t u r a r e (fig.9-8) . Amplificatorul autosaturat nu poate funcţiona în regim de releu , deoarece coeficientul de reacţie (internă) nu poate deveni supraunitar .Pentru a obţine regimul de releu este necesar să se folosească o înfăşurare de reacţie externă pozitivă . In fig. 9-8,b se arată cum se deduce " caracteristica de releu " 3 din caracteristica amplificatorului autosaturat 1 şi a reacţiei externe 2 . Releul obţinut este echivalent unui releu electromagnetic cu contact normal închis. Cu ajutorul polarizării se poate realiza releu polarizat (fig.9-8,d) , releu cu contact normal

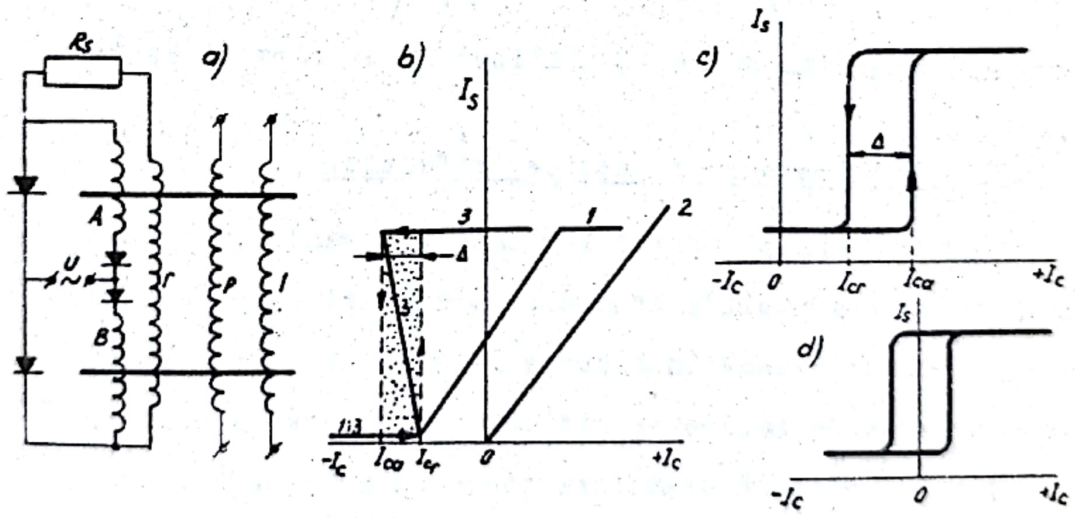


Fig. 9 - 8

deschis (fig.9-8,c). Se pot obţine şi alte genuri de relee cu scheme mai complicate.

Coeficientul de revenire este :

$$K_{rev} = \frac{I_{er}}{I_{ca}} = \frac{I_{ca} \pm \Delta}{I_{ca}} = 1 \pm \frac{\Delta}{I_{ca}} .$$

Cu cît Δ este mai mic, cu atît coeficientul de revenire este mai mare, Mărimea lui Δ este legată de reacţie, care cu cît este mai puternică cu atît Δ este mai mare.

Ca avantaje are: 1) lipsa uzurii contactelor ; 2) sensibilitate mare, pînă la 10^{-10}W; 3)lipsa totală a părţilor mobile; 4) insensibil la vibraţii; 5) poate lucra în medii explozive.

Ca dezavantaje are : 1)durată mare de acţionare ; 2)influenţat de tensiunea de alimentare ,frecvenţa şi temperatura mediului ; 3)în poziţia deschis nu întrerupe complet circuitul ; 4) releul cu multe ieşiri se obţine foarte dificil ; 5) randamentul este mai mic decît la relee cu contacte ; 6) gabarit şi greutate mare pentru putere mare de ieşire faţă de relee cu contacte . Se foloseşte în general la puteri relativ mici.

Releul magnetic poate fi utilizat şi ca element logic .

9.3. Amplificatoare magnetice trifazate.

La puteri mari şi pentru sarcini în curent continuu apare raţională folosirea amplificatoarelor trifazate care aduc avantajele : 1) uniformizează încărcarea reţelei pe cele 3 faze; 2) măresc puterea de ieşire specifică (raportată la unitatea de volum) ; 3) elimină transformatoare de racordare la reţea. Convenabil se pot obţine cu trei amplificatoare monofazate folosite în montaj trifazat, montînd în serie înfăşurările de comandă , respectiv de polarizare . Caracteristica intrare- ieşire rezultă de aceeaşi formă ca şi la amplificatoarele folosite: normale sau autosaturate.

$$K_{rev} = \frac{I_{er}}{I_{ca}} = \frac{I_{ca} \pm \Delta}{I_{ca}} = 1 \pm \frac{\Delta}{I_{ca}} .$$

Cu cît Δ este mai mic, cu atît coeficientul de revenire este mai mare, Mărimea lui Δ este legată de reacţie, care cu cît este mai puternică cu atît Δ este mai mare.

Ca avantaje are: 1) lipsa uzurii contactelor ; 2) sensibilitate mare, pînă la 10^{-10}W; 3)lipsa totală a părţilor mobile; 4) insensibil la vibraţii; 5) poate lucra în medii explozive.

Ca dezavantaje are : 1)durată mare de acţionare ; 2)influenţat de tensiunea de alimentare ,frecvenţa şi temperatura mediului ; 3)în poziţia deschis nu întrerupe complet circuitul ; 4) releul cu multe ieşiri se obţine foarte dificil ; 5) randamentul este mai mic decît la relee cu contacte ; 6) gabarit şi greutate mare pentru putere mare de ieşire faţă de relee cu contacte . Se foloseşte în general la puteri relativ mici.

Releul magnetic poate fi utilizat şi ca element logic .

9.3. Amplificatoare magnetice trifazate.

La puteri mari şi pentru sarcini în curent continuu apare raţională folosirea amplificatoarelor trifazate care aduc avantajele : 1) uniformizează încărcarea reţelei pe cele 3 faze; 2) măresc puterea de ieşire specifică (raportată la unitatea de volum) ; 3) elimină transformatoare de racordare la reţea. Convenabil se pot obţine cu trei amplificatoare monofazate folosite în montaj trifazat, montînd în serie înfăşurările de comandă , respectiv de polarizare . Caracteristica intrare- ieşire rezultă de aceeaşi formă ca şi la amplificatoarele folosite: normale sau autosaturate.

P A R T E A A T R E I A

APARATE ELECTRICE DE INALTA TENSIUNE

Scanned with OKEN Scanner

1o. SEPARATOARE DE INALTA TENSIUNE

1o.1. Generalităţi

Aparatele folosite la închiderea şi deschiderea circuitelor se numesc aparate de conectare , iar cele folosite la modificarea conexiunilor poartă numele de aparate de comutare. Cînd au tensiunea nominală peste 1 kV ele se numesc aparate de conectare sau comutare de înaltă tensiune. Această categorie de aparate cuprinde separatoarele şi întreruptoarele.

S e p a r a t o r u l este un aparat de conectare care separă în mod vizibil şi cu suficientă izolaţie conductoarele unui circuit , cu scopul de a proteja personalul care lucrează în instalaţie (STAS 5o81-55).

S e p a r a t o r u l este un aparat mecanic de conectare , care pentru motive de securitate asigură în poziţia deschis o distanţă de izolare predeterminată între bornele fiecărui pol (STAS 1564-62) .

Separatorul este montat în circuitele de înaltă tensiune pentru a îndeplini următoarele funcţiuni :

1. Separarea v i z i b i l ă a unui circuit cu suficientă izolaţie pentru a proteja personalul care efectuează reparaţii , revizii ,etc ;

2. Intreruperea unor curenţi mici (transformatoare în

gol, linii în gol etc);

3) Manevre de conectare şi deconectare sub tensiune, fără curent (trecerea de la un sistem de bare la altul, de la un generator la altul etc).

Separatorul nu posedă mijloace de stingere a arcului de aceea este interzisă orice manevrare a separatoarelor su. sarcină cu excepţia separatoarelor de sarcină. Această manevră o execută întreruptoarele .

Separatoarelor li se impun următoarele condiţii:

1. Deschis , separatorul trebuie să asigure izolaţia necesară între polii săi care trebuie să fie superioară tuturor aparatelor cît şi izolaţiei sale cu pămîntul.

2. Inchis, separatorul trebuie să suporte curentul nominal şi cel de scurtcircuit(stabilitate termică şi electrodinamică)fără a se deteriora (spargerea izolatoarelor , sudura contactelor , recoacerea cuţitelor, autodeconectarea).

3. Separatoarele de exterior trebuie să reziste bine acţiunii agenţilor atmosferici (chiciură, ploaie , vînt ,ger, căldură etc).

4. Separatoarele care pot întrerupe curenţi reduşi nu trebuie să dea conturnări între faze sau între faze şi pămînt.

5. Să aibă stabilitate mecanică mare (pînă la 35 kV separatoarele trebuie să permită 2ooo manevre fără urme de uzură şi la 11o kV,cel puţin 1ooo de manevre).

6. Separatoarele cu cuţite de punere la pămînt trebuie asigurate cu blocaj care să evite punerea fazei sub tensiune la pămînt.

7. Separatorul trebuie prin dispozitivul său de acţionare

Scanned with OKEN Scanner

gol, linii în gol etc);

3) Manevre de conectare şi deconectare sub tensiune, fără curent (trecerea de la un sistem de bare la altul, de la un generator la altul, etc).

Separatorul nu posedă mijloace de stingere a arcului de aceea este interzisă orice manevrare a separatoarelor su. sarcină cu excepţia separatoarelor de sarcină. Această manevră o execută întreruptoarele .

Separatoarelor li se impun următoarele condiţii:

1. Deschis , separatorul trebuie să asigure izolaţia necesară între polii săi care trebuie să fie superioară tuturor aparatelor cît şi izolaţiei sale cu pămîntul.

2. Inchis, separatorul trebuie să suporte curentul nominal şi cel de scurtcircuit(stabilitate termică şi electrodinamică)fără a se deteriora (spargerea izolatoarelor , sudura contactelor , recoacerea cuţitelor, autodeconectarea).

3. Separatoarele de exterior trebuie să reziste bine acţiunii agenţilor atmosferici (chiciură, ploaie , vînt ,ger, căldură etc).

4. Separatoarele care pot întrerupe curenţi reduşi nu trebuie să dea conturnări între faze sau între faze şi pămînt.

5. Să aibă stabilitate mecanică mare (pînă la 35 kV separatoarele trebuie să permită 2ooo manevre fără urme de uzură şi la 11o kV,cel puţin 1ooo de manevre).

6. Separatoarele cu cuţite de punere la pămînt trebuie asigurate cu blocaj care să evite punerea fazei sub tensiune la pămînt.

7. Separatorul trebuie prin dispozitivul său de acţionare

să fie interblocat cu întreruptorul astfel încît numai cînd acesta este deschis să se poată face manevrarea.

Un pericol deosebit pentru separatoare îl constituie autodeschiderea . Acest fenomen poate avea loc la scurtcircuite puternice datorită forţelor electrodinamice cara apar din cauza formei constructive a separatoarelor care principial formează un contur (fig.1o-1,a).Evitarea autodeschiderii se poate face prin diverse procedee:

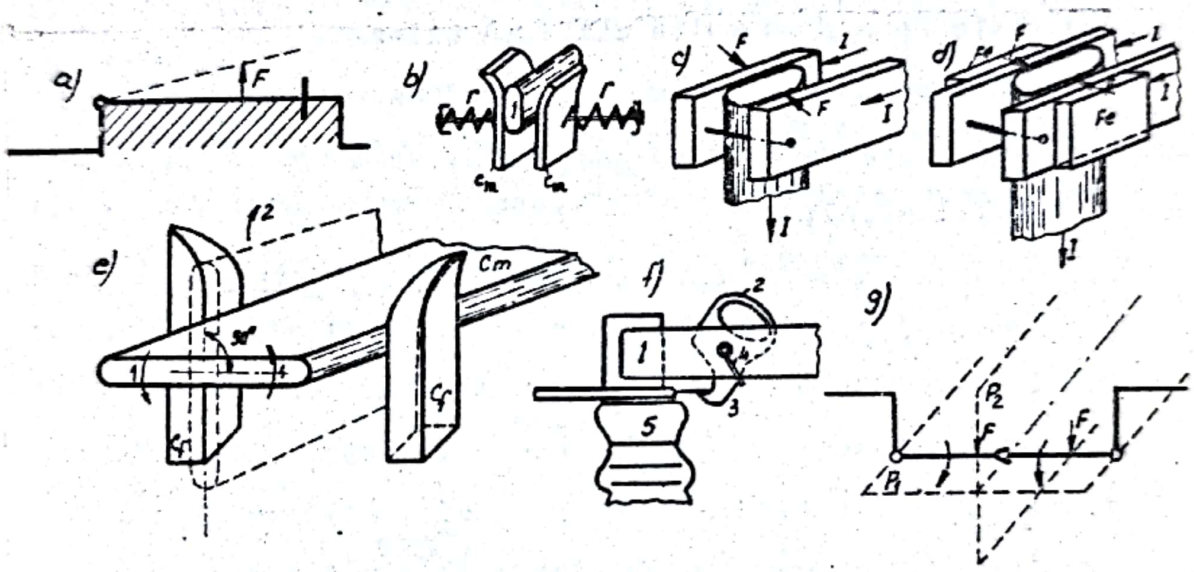


Fig.1o-1

1) resoarte puternice (r) antagoniste care să apese energic contactele fixe c_m peste cuţitul mobil 1 (fig.1o-1,b);

2) realizarea contactului mobil din două căi de curent în paralel care datorită forţelor electrodinamice strînge între cuţite contactul fix, cu atît mai bine , cu cît scurtcircuitul este mai violent (fig.1o - 1,c);

3) situaţia anterioară se îmbunătăţeşte dacă se adaugă plăcuţe de fier (fig.1o-1,d);

4) cuţitul mobil se roteşte cu 9o° şi apoi se deschide (fig.1o-1,e);

5. folosirea unui mecanism de zăvorîre ataşat de cuţitul 1 al separatorului şi care are piesa 3 de zăvorîre, apăsată de resortul 4 pe o piesă solidară cu izolatorul 5, dezăvorîrea făcîndu-se automat cînd se acţionează cu prăjina urechea 2;

6. deschiderea se produce într-un plan p_1 perpendicular pe planul p_2 de acţionare al forţelor electrodinamice ale conturului (fig.1o-1,g) etc.

La separatoarele de exterior mai apare o problemă suplimentară : blocarea separatorului în poziţia închis datorită gheţii şi chiciurii depuse pe contacte. Combaterea acestui neajuns se poate face prin multe căi. Iată cîteva :

1. folosirea unui mecanism care produce rotirea cuţitului în contact cu 90° pentru ruperea gheţii şi abia apoi face deschiderea (fig.1o-1,e);

2. contacte gheară care la rotire sparg poleiul sau gheaţa (fig.1o-2,a);

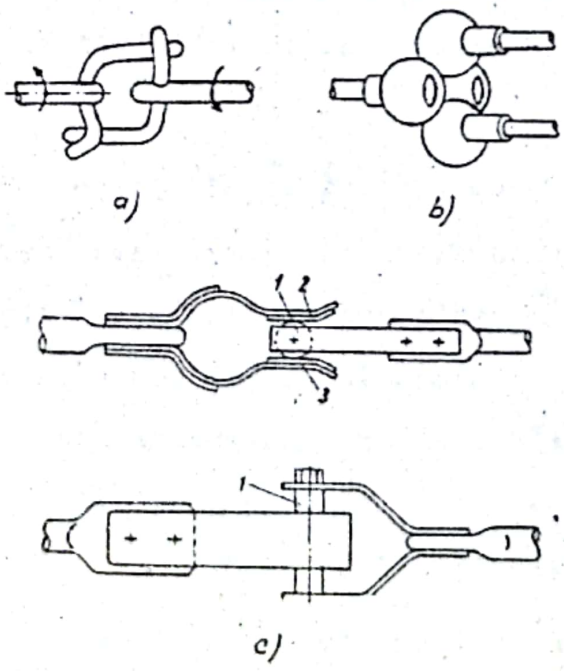


Fig.1o-2

5. folosirea unui mecanism de zăvorîre ataşat de cuţitul 1 al separatorului şi care are piesa 3 de zăvorire, apăsată de resortul 4 pe o piesă solidară cu izolatorul 5, dezăvorîrea făcîndu-se automat cînd se acţionează cu prăjina urechea 2;

6. deschiderea se produce într-un plan p_1 perpendicular pe planul p_2 de acţionare al forţelor electrodinamice ale conturului (fig.10-1,g) etc.

La separatoarele de exterior mai apare o problemă suplimentară : blocarea separatorului în poziţia închis datorită gheţii şi chiciurii depuse pe contacte. Combaterea acestui neajuns se poate face prin multe căi. Iată cîteva :

1. folosirea unui mecanism care produce rotirea cuţitului în contact cu 90° pentru ruperea gheţii şi abia apoi face deschiderea (fig.10-1,e);

2. contacte gheară care la rotire sparg poleiul sau gheaţa (fig.10-2,a);

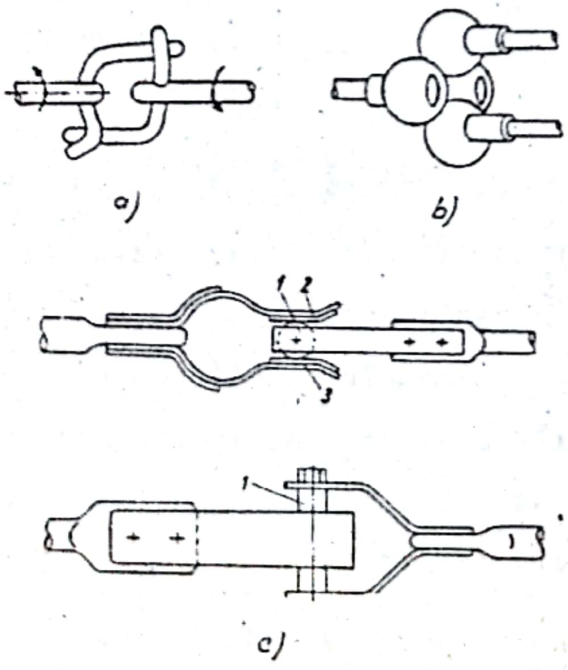


Fig.10-2

3) contacte sferice cu 4 puncte de contact (fig.1o-2,b);

4) contacte tip scoabă , care asigură un contact liniar între cilindrul 1 şi piesele 2 şi 3 .

Obişnuit separatoarele se fac cu deschidere vizibilă în aer. Pentru medii explozive se construiesc şi separatoare în ulei.

Separatoarele se construiesc pentru funcţionarea în interior cînd se recunosc după izolatoare care au o nervurare slabă şi pentru exterior , uşor de recunoscut după izolatoarele cu pălării.

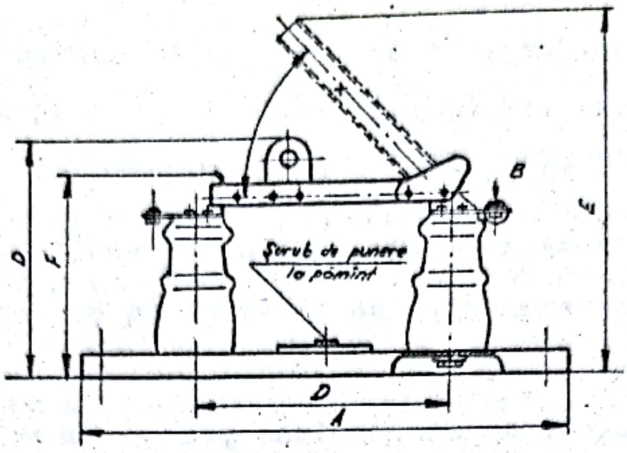
Există o mare varietate constructivă de separatoare .Pentru simbolizare uzinele Electroputere Craiova au adoptat următoarele prescurtări: S-separator ; SP - separator de putere ; B- bipolar; T - tripolar; I - de interior ; E - de exterior ; P - cu cuţite de punere la pămînt ; p - cu protecţie ; S - de sărcină (la sfîrşit) . Exemplu: STIS- separator tripolar,de interior,de sarcină . Prima grupă de cifre dă tensiunea, a doua curentul , şi a treia,cînd este,dă puterea de rupere în MVA.

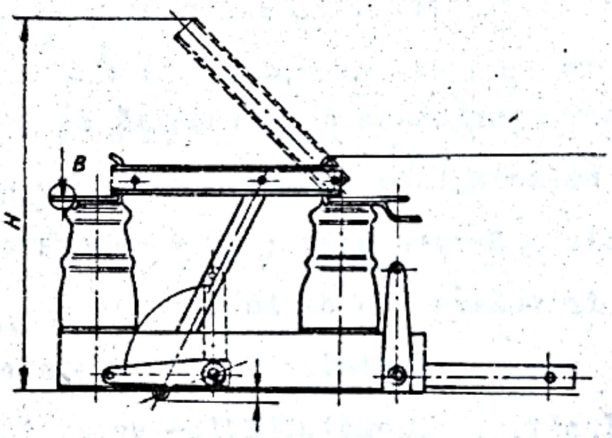
1o.2. Separatoare tip cuţit

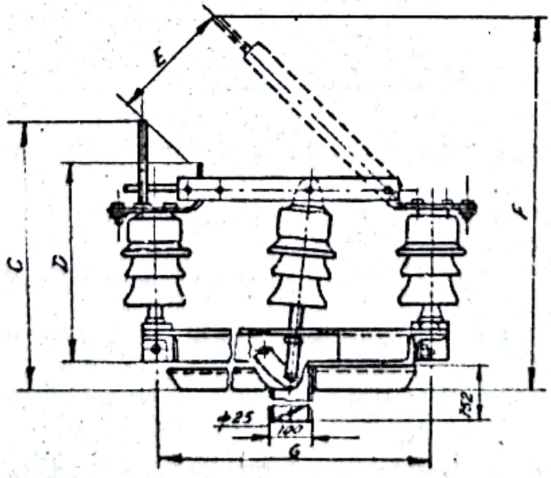
Sînt cele mai răspîndite . S-au construit pînă la 75o kV, În ţara noastră s-au produs pentru gama de tensiuni 1 - 11o kV. Electroaparataj Bucureşti a construit separatoare de 1 kV tripolare , în aer, pentru gama de curenţi 2oo - 1ooo A şi în ulei (pentru instalaţii petroliere) de 2oo şi 4oo A.

Electroputere Craiova a produs şi produce numeroase tipuri de separatoare pentru domeniul 1 - 11o kV (fig.1o-3) .

S e p a r a t o a r e tip SMI 1o - 2o - 35 kV/2oo-315oA (fig.1o-3,a) . Se execută în construcţie monopolară.cu căile de


B
E
D
F
Șurub de punere
la pământ
D
A


B
H


E
C
D
F
φ25
G

curent din cupru profilat pentru a rezista mai bine eforturilor electrodinamice şi izolatoarele sînt cu armare interioară pentru a avea gabaritul redus . Se acţionează cu dispozitive AMI.

S e p a r a t o a r e t r i p o l a r e de interior cu şi fără punere la pămînt tip STI - STIP - STIPI 1o - 35 kV/2oo--315o A. Se fabrică în două serii: 1)seria de curenţi mici , 2oo - 8oo A (fig.1Q-3,b) şi 2) seria de curenţi mari,125o-315o A (1o - 2o - 3o kV) . Cuţitele din cupru profil U măresc rezistenţa mecanică la scurtcircuite. Se pot acţiona manual cu dispozitive AMI 1 ÷ 7 sau pneumatice tip AP 2÷5 .Cuţitele de punere la pămînt pot fi montate pe contactul fix (normal)s-au inversat (STIPI).

S e p a r a t o a r e t r i p o l a r e d e t r e c e r e tip STIT -1o/2oo -4oo - 6oo A. Seamănă cu tipul STI .cu deosebirea că pe fază unul din izolatoare este de trecere .Se acţionează cu dispozitive AMI 1-5 sau AP_2. Se folosesc pentru treceri .

S e p a r a t o a r e t r i p o l a r e d e e x t e r i o r tip STE 1o - 2o kV/2oo - 4oo A (fig.1o-3,c). Sînt de tip cuţit cu deschidere în plan vertical şi au izolatoarele cu linie de fugă mărită , rezistînd mai bine la supratensiuni. Cuţitele sînt, de asemenea , profilate. Se acţionează simplu şi sigur cu dispozitive AME-1 .

S e p a r a t o a r e d e e x t e r i o r SME-SMEP - STE- STEP 35 - 6o - 11o kV/6oo A. Au un mecanism special de spargere a gheţii care roteşte întîi în jurul axei sale contactul mobil cu 9o° şi apoi îl scoate din contactul fix . Pentru tipul STE se foloseşte dispozitivul de acţionare AME-2 şi pentru STEP dispozitivul AME-3 . Se montează numai în poziţia orizontală . La 6o kV are 2 izolatoare pe fiecare

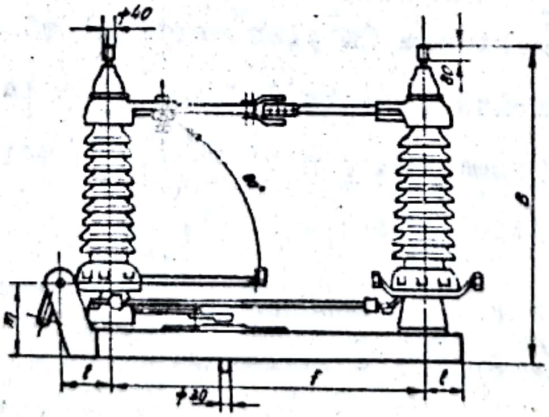
coloană de 35 kV ; iar la 11o kV sînt 4 izolatoare suprapuse . Sînt foarte multe în exploatare, dar nu se mai construiesc . In URSS există un tip similar cu cuţitul vertical folosit la linii denivelate (38o kV) .

Separatoarele tip cuţit au avantajul că necesită distanţe mici între faze , dar prezintă neajunsul că au înălţime mare.

1o.3. Separatoare rotative

S-au construit pentru interior şi exterior . In ţara noastră se fabrică pentru domeniul de tensiuni 35-4oo kV, numai pentru exterior, în varianta monopolară, cu posibilitatea de a se monta bipolar sau tripolar. Braţele port-contact se rotesc într-un plan orizontal, perpendicular pe planul izolatoarelor care sînt mobile. Pot fi folosite şi pentru interior.

Separatoarele fabricate sînt de tip SME - SBE - STE - SMEP - SBEP - STEP de 35 - 11o - 22o - 4oo kV/125o - 16ooA. (fig.1o-4). Se acţionează manual cu dispozitivul AME-5, sau

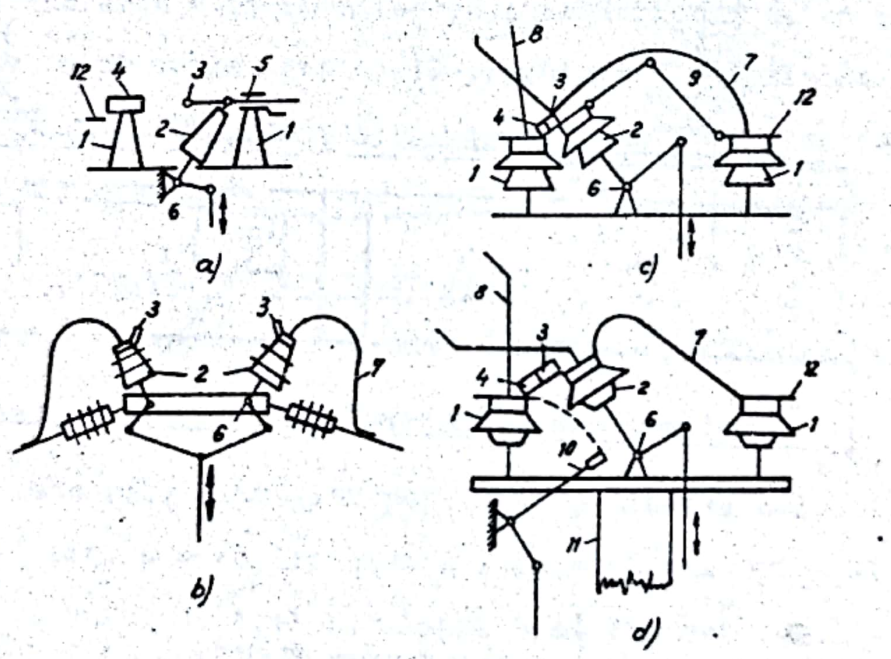


Fi.1o-4

pneumatic cu dispozitivele AP-4 şi AP-5, sau cu servomotor. Pentru 35 kV se fabrică numai pentru 1600 A, iar la 220 şi 400 KV numai pentru 1600 A.

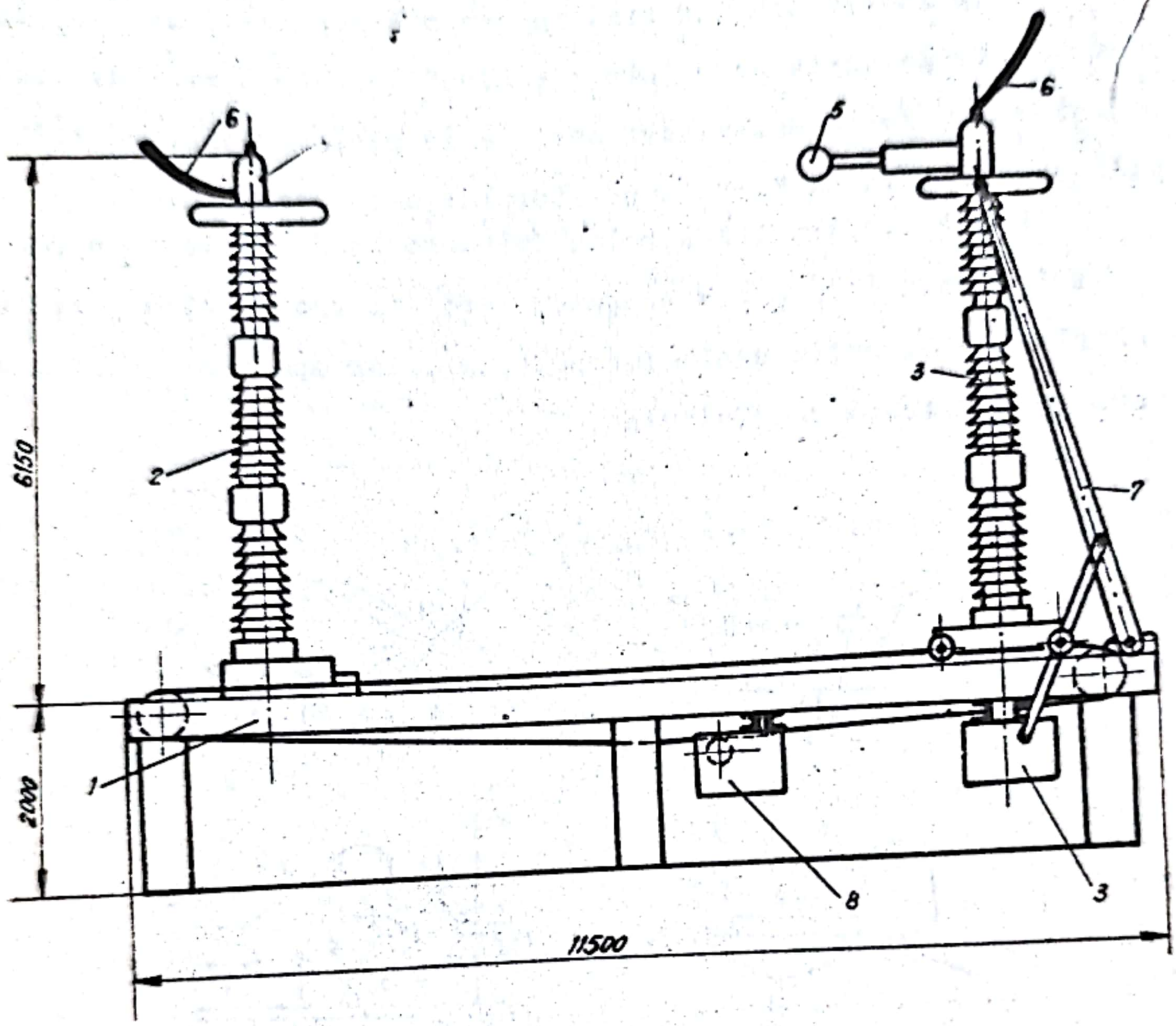
Simplitatea constructivă reprezintă avantajul de bază, dar aceasta atrage unele dezavantaje : ocupă suprafaţă mare de montaj, sînt supuse la solicitări mari de încovoiere, legătură dificilă între linie şi borna separatorului care este mobilă.

Unele construcţii străine folosesc două puncte de separare pe fază sau înclinarea braţelor port -contact pentru a reduce gabaritele. Se obţin unele îmbunătăţiri, dar apar noi dezavantaje care le limitează răspîndirea .



Separatoare tip basculant:
a - de interior de 10[KV]; b şi c - de exterior de 35[KV], d - de exterior de 10[KV], cu cuţit de punere la pământ; 1 - izolatoare - suport (porţelan); 2 - izolator basculant (porţelan); 3 - contact mobil; 4 - contact fix; 5 - contact glisant; 6 - ax pentru articulaţia izolatorului basculant; 7 - legătură flexibilă; 8 - coarne de protecţie; 9 - braţ pliant; 10 - cuţit de punere la pământ; 11 - stîlp de susţinere; 12 - bornă.

Fig.10-5



Separator cu translație de 380 KV.
1- cadrul de fixare; 2- izolator fix; 3- izolator de rulare; 4- contact fix; 5- contact mobil; 6- piesa de contact pentru cuplare cu linia; 7- cuțit pentru punere la pământ; 8- dispozitiv de acționare a izolatorului de rulare; 9- dispozitiv de acționare a cuțitelor de punere la pământ.

Fig.1o-6

10.4. Separatoare basculante

Separatoarele basculante se pot construi pînă la 35 kV., atît pentru interior, cît şi pentru exterior (fig.10-5). Un pol al separatorului poate avea unul sau două izolatoare basculante situate pe axa de rotaţie , bascularea făcîndu-se în planul izolatoarelor . Au gabarite mici şi nu pot fi autodeschise la scurtcircuite , dar se construiesc dificil , prezintă legături flexibile 7 lungi şi nu se pot construi decît pînă la 35 kV.

Nu sînt prea răspîndite.

10.5. Separatoare cu translaţie (fig.10-6)

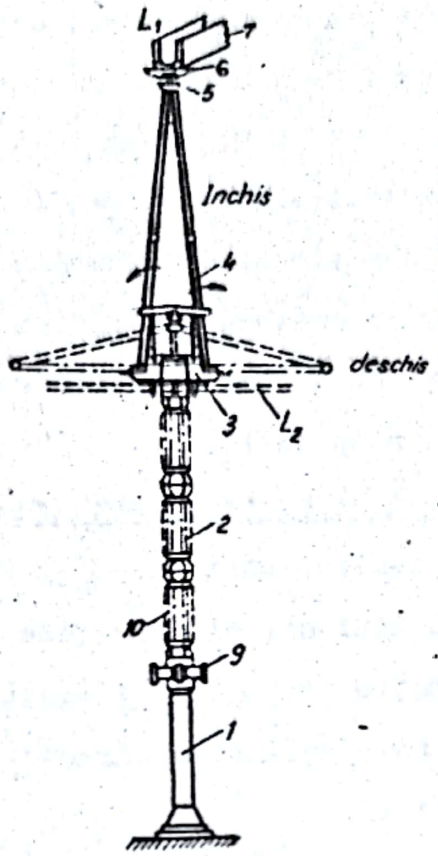
Se folosesc pentru tensiuni $U_n \geqslant 220$ kV. Manevrarea are loc prin translarea unui cărucior pe şine acţionat de un servomotor .Au o construcţie complicată ,legături flexibile lungi; gheaţa poate împiedica deplasarea căruciorului iarna şi de aceea au o utilizare limitată.

10.6. Separatoare tip pantograf

Se construiesc de tensiuni mari ($U_n > 220$ kV) pentru linii denivelate . Sînt multe variante constructive.

Separatoarele pantograf pot avea o singură coloană verticală (fig.10 - 7) izolatoare 2, formată din 3 izolatoare şi aşezată pe tubul de oţel 1. Capul 3 al separatorului susţine mecanismul pantograf 4 pe care este montat contactul mobil 5 ce intră în contactul fix 6 prins de barele 7.

Sistemul de acţionare cu aer comprimat 9 este legat prin coloana tubulară de pantograf a cărui contact mobil se mişcă după axa izolatorului cu o mişcare de translaţie.



Schema unui pol al unui separator de 380 KV, tip pantograf

Fig.1o-7

1o.7. Scurtcircuitoare şi secţionoare

Au o construcţie similară separatoarelo tip cuţit şi rotative , putînd fi mono -,bi - sau tripolare . Se fac pentru domeniul tensiunilor 35 - 22o kV şi se folosesc în staţii coborîtoare pentru a înlocui întreruptoarele şi separatoarele de pe partea de înaltă tensiune, simplificînd simultan şi schemele electrice.

S c u r t c i r c u i t o a r e l e sînt aparate de conectare automată la pămînt a reţelei în caz de avarie prin realizarea unui scurtcircuit artificial.

Schema din fig.1o_8 ,b diferă de cea din fig.1o-8,a prin

faptul că întreruptorul 3 este înlocuit cu scurtcircuitorul 5,

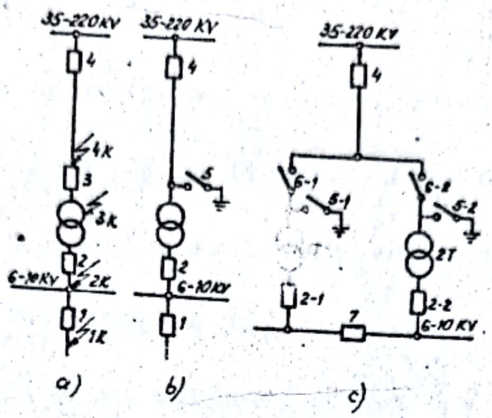


Fig.1o-8

care la o avarie în transformator sau după el pune automat linia la pământ şi obligă întreruptorul 4 să întrerupă circuitul defect.

S e c ţ i o n o a r e l e sînt aparate cu deconectare automată destinate pentru separarea de la reţea a sectoarelor avariate. Deconectarea se face fără sarcină (fig.1o-8,c).Schema din fig.1o-8,c conţine în afară de scurtcircuitoarele 5-1 şi 5-2 şi două secţionoare (6-1 şi 6-2). Să considerăm că transformatorul 1T a suferit o avarie şi a produs întreruperea alimentării .Imediat după provocarea întreruperii se produce automat separarea sectorului avariat prin deschiderea scurtcircuitorului 6-1,care duce la recuplarea întreruptorului 4 şi la restabilirea alimentării cu energie a circuitului neavariat 2.

1o-8. Separatoare de putere

Separatorul de sarcină este un aparat de conectare capabil să întrerupă sarcina nominală a unui circuit şi care în poziţia deschis asigură o separare vizibilă ca şi separatorul.

Domeniile de utilizare sînt:

1. Conectarea motoarelor de înaltă tensiune în instalaţiile industriale;

2. deconectarea bateriilor de condensatoare ;

3. conectarea liniilor aeriene şi a cablurilor în gol;

4. conectarea şi deconectarea bobinelor de compensare;

5. în reţele de distribuţie orăşenească de 1o kV;

6. pe partea de înaltă tensiune la transformatoarele substaţiilor , în cazul alimentării radiale:

Folosirea separatoarelor de sarcină aduce avantajele:

1. echipate cu siguranţe fuzibile pot înlocui întreruptoarele de putere medie (2oo - 3oo MVA) care costă de 3 ori mai mult;

2. elimină avariile provocate de deschiderea separatoarelor sub sarcină;

3. simplifică construcţia celulelor, gabaritul şi necesită o întreţinere mai economică ;

4. permit realizarea de scheme automate AAR;

5. pot fi construite economic din elemente constructive ale separatoarelor.

S e p a r a t o r t r i p o l a r d e i n t e r i o r, d e s a r c i n ă , c u c a m e r e p l a t e tip STIS 1o kV/4oo A şi tip STIS 2o kV/2oo A. Separatoarele tip STIS derivă din separatoare normale la care s-a adăugat cuţitul 1 (fig.1o-9), un cuţit de rupere 2, o cameră de stingere plată din material gazogen (plexiglas) şi un mecanism de închidere-deschidere bruscă. Se construiesc numai tripolare şi numai de interior . Contactul de rupere este de cupru -wolfram scurtcir-

cuitat de cuţitul normal în poziţia închis. La deschidere se separă întîi cuţitul de lucru 1 , apoi un timp cuţitul 2 este

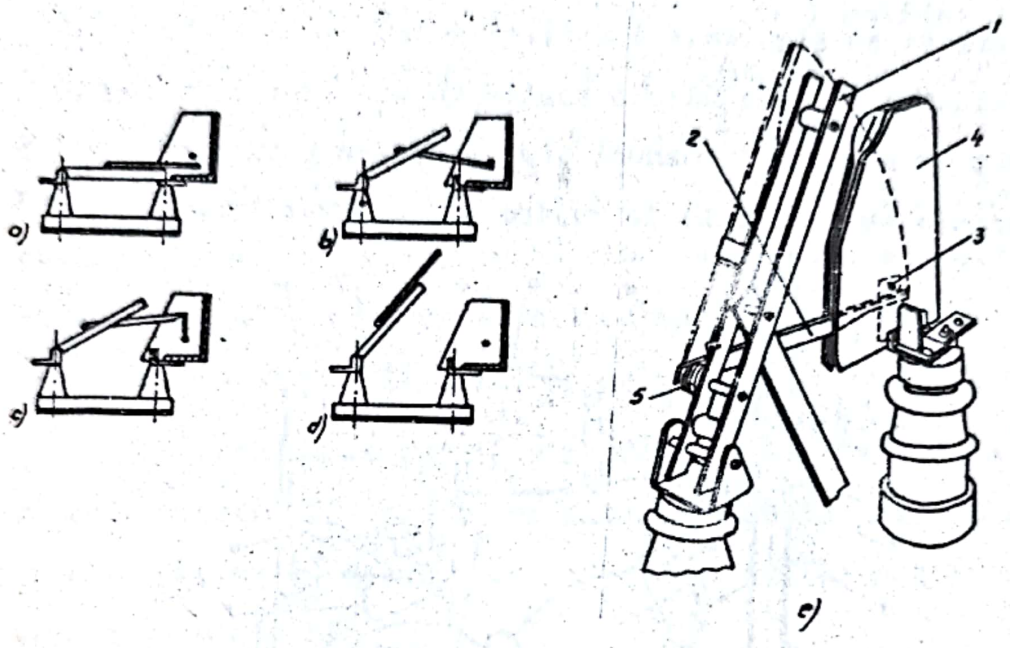
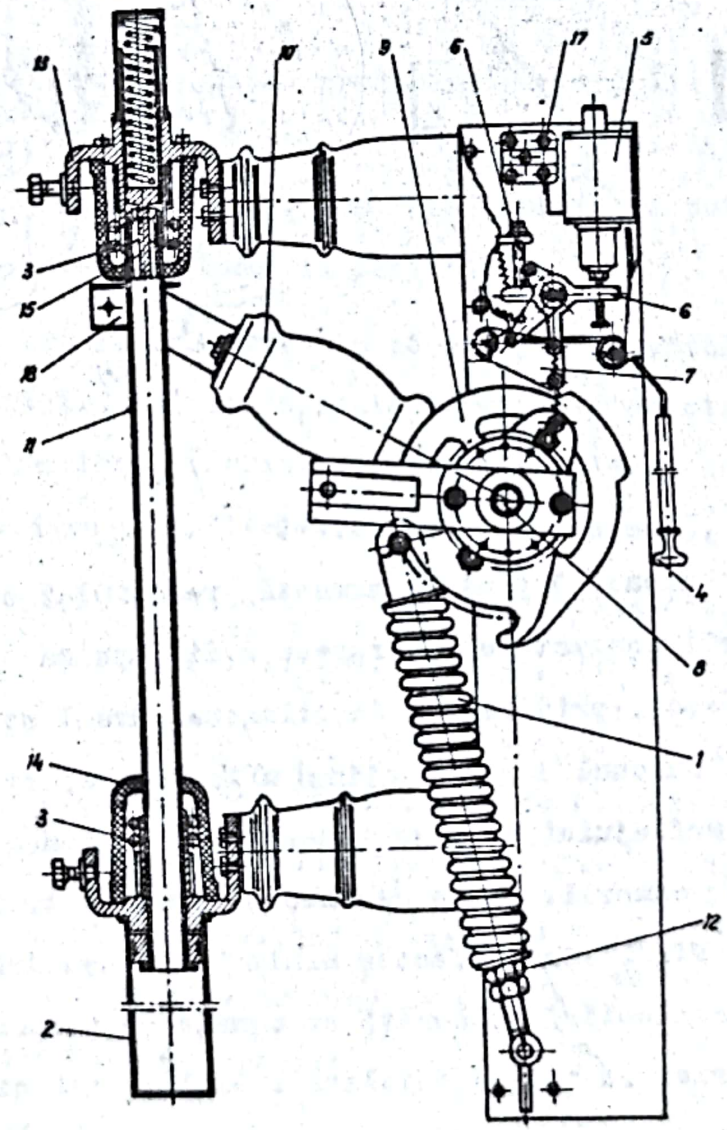


Fig.1o-9.

reţinut sub bulonul 3 pînă se armează resortul 5 care în momentul eliberării contactului de rupere 2 îi imprimă o viteză mare (1o - 12 m/sec) prin camera de stingere. Arcul stabilit între cuţitul 2 şi bulonul 3 este stins eficient datorită alungirii mecanice şi suflajului de gaze generate de acţiunea arcului asupra pereţilor camerii. Poate deconecta circuite trifazate cu o putere sub 7 MVA . Poate efectua minim 2oo conectări , dacă după fiecare 3o deconectări se curăţă de urmele de carbonizări camerele la interior cu hîrtie sticlată . Se livrează cu dispozitiv AC-1 cu 2 resoarte pentru închidere şi deschidere .Poate fi montat şi cu dispozitiv AP sau alt dispozitiv rapid. Varianta STISp conţine pe acelaşi cadru siguranţele fuzibile care asigură protecţia la scurtcircuite.

S e p a r a t o r t r i p o l a r d e i n t e r i o r, d e s a r c i n ă, c u a u t o c o m p r e s i e tip SPTI lo, 15, 2o kV /4oo A . Se execută numai în construcţie tripolară , la cerere şi cu siguranţe fuzibile pe cadru comun (SPTIP). Asigură închiderea şi deschiderea rapidă cu ajutorul unui resort 1 armat cu dispozitiv manual tip AMI-7 sau pneumatic tip AP-4. Contactele au vîrfurile de rupere din cupru-wolfram .



Separator de putere cu autocompresie de 20 kV tip SPTI
secţiune prin calea de curent.
1 - Resort principal ; 2 - cilindru de autocompresie ; 3 - tulipă contact ; 4 - buton acţionare ; 5 - bobină de comandă ; 6 - clichet ; 7 - pîrghie ; 8 - axul principal ; 9 - camă principală ; 10 - bielă ; 11 - contact mobil ; 12 - piuliţă de reglaj ; 13 - bară de legătură ; 14 - carcasă protecţie ; 15 - vîrfuri de rupere ; 16 - furcă de reglaj ; 17 - clemă de legătură .

Fig. 10-10

Pentru uşurarea stingerii arcului electric tija de contact este prevăzută la capăt cu un bugon din material gazogen. Stingerea arcului are loc datorită deschiderii bruşte care produce alungirea mecanică a arcului şi datorită suflajului aerului autocomprimat în cilindrul 2 de pistonul solidar cu tija - ţeavă 11 a contactului mobil. Pentru a obţine iniţial autocompresia aerului contactul de rupere prin vîrful său 15 închide accesul aerului, în exterior datorită unui resort puternic care-l obligă să facă o anumită cursă pînă aerul atinge o anumită presiune şi abia pe urmă se separă contactele de rupere, avînd în zona respectivă şi un suflaj de aer comprimat.

In practica mondială sînt foarte multe variante de separatoare de sarcină bazate pe autogenerare de gaze (ca STIS), cu autocompresie de aer (ca SPTI), cu suflaj magnetic, cu vacuum sau cu gaz SF_6.

La noi au căpătat oarecare răspîndire numai tipurile descrise, deşi tendinţa ar fi de înlocuire a separatoarelor cu separatoare de sarcină pentrm a evita avariile datorită deschiderilor sub sarcină.

10.9. Dispozitive de acţionare

Se folosesc multe tipuri de dispozitive de acţionare: manuale, pneumatice , cu motor electric , cu resort , cu electromagneţi . Ne vom opri numai la primele două categorii care se construiesc şi se folosesc frecvent în instalaţiile noastre electroenergetice.

D i s p o z i t i v e d e a c ţ i o n a r e m a n u a l ă p e n t r u i n t e r i o r t i p AMI . Cu dispozitivul AMI se pot acţiona separatoare cu curentul nominal pînă la 3000 A inclusiv. Dispozitivul AMI 1 (fig.10-11,a) denumit

prăjină sau ştangă poate fi folosit pentru acţionarea separatoa-

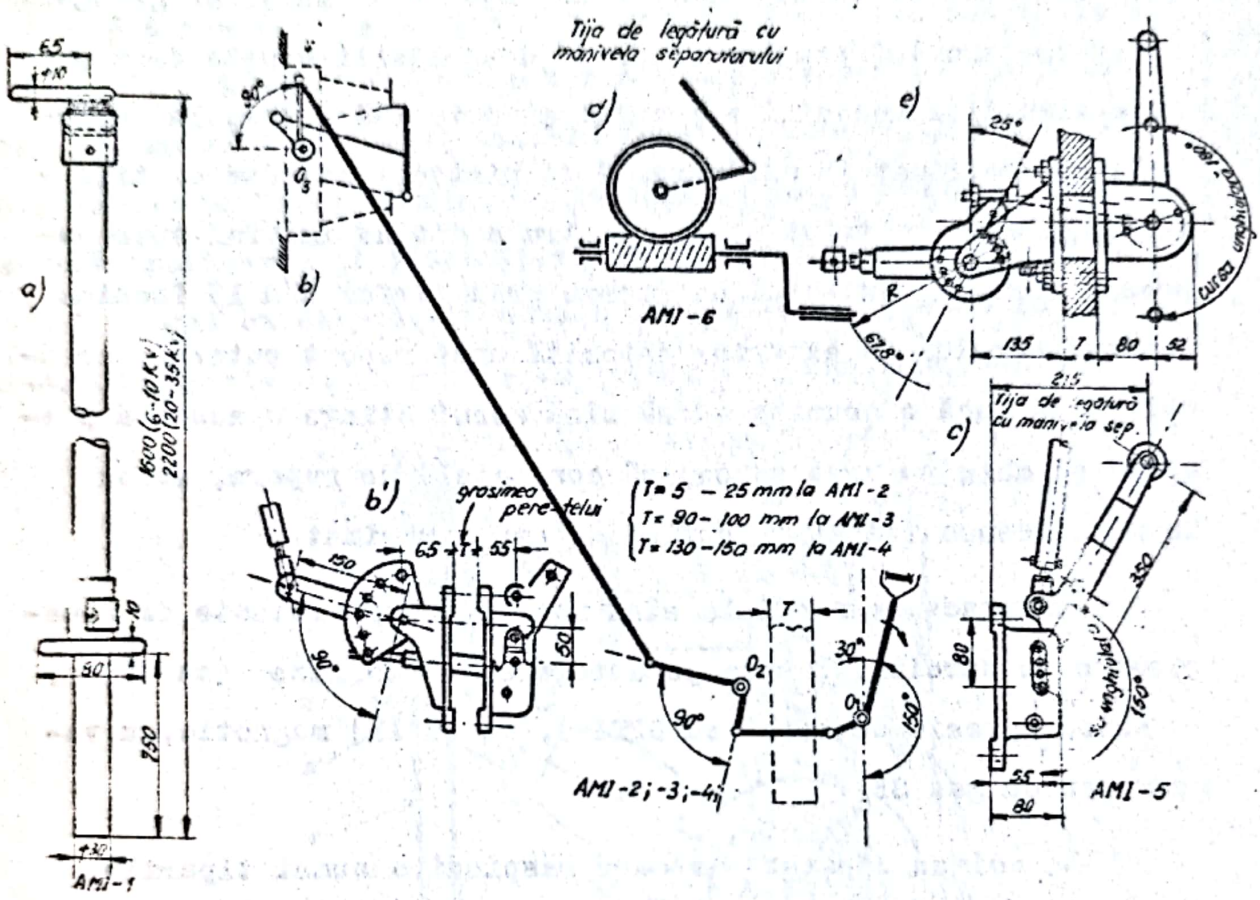


Fig.1o-11

relor de interior pînă la 35 kV şi 6oo A. Pentru acţionare se foloseşte o ureche specială prevăzută la separator (fig.1o - 11). Aceleaşi separatoare pot fi acţionate cu dispozitivele AMI-2 , AMI-3, AMI-4 şi AMI-5 (fig.1o - 11) . Se observă că aceste dispozitive sînt în esenţă un sistem de pîrghii care transmit mişcarea de la om la manivela separatorului (fig.1o - 11,b). Dispozitivul AMI-5 are transmisia directă , fiind montat pe acelaşi perete cu separatorul şi sub el.

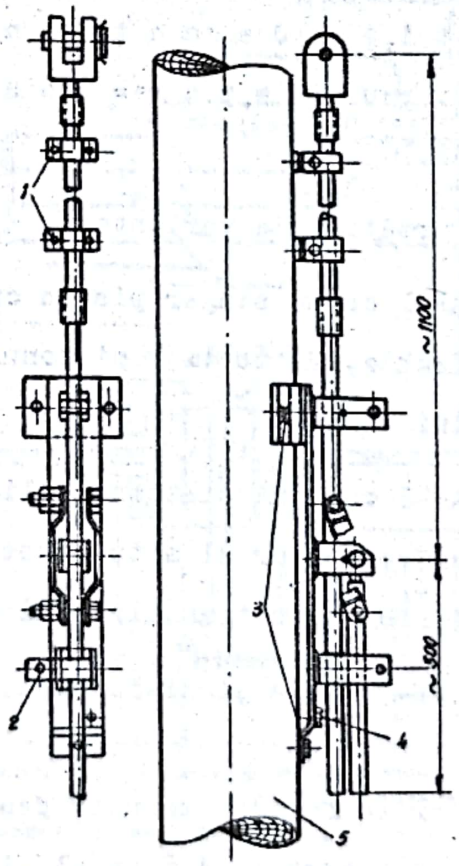
Pentru separatoarele de curenţi mari, de 2ooo - 3ooo A (fig.1o - 11,d) , se foloseşte dispozitivul AMI-6 cu şurub melc şi roată elicoidală.

Dispozitivul AMI-7 este format tot dintr-un sistem de pîrghii (fig.1o - 11,e) ca şi AMI-2 , dar permite montarea pe peretele opus separatorului , la pereţi de celulă cu grosimea T = 8o, 9o, 2oo şi peste 26o mm.

D i s p o z i t i v e d e a c ţ i o n a r e m a n u a l ă p e n t r u e x t e r i o r t i p AME.

Dispozitivele AME servesc la acţionarea separatoarelor de exterior pînă la 11o kV inclusiv.

In fig.1o - 12 este prezentat dispozitivul AME-1 destinat acţionării separatoarelor STE 6, 1o, 15 kV /2oo şi 4oo A .Este



Dispozitiv de acționare AME-1: 1-șuruburi pentru lemn, ϕ8 mm (4 buc.); 2-bolt de zăvorîre pentru lacăt; 3-șuruburi pentru lemn, ϕ12 (3 buc); 4-șurub de punere la pămînt; 5-stîlp de lemn.

Fig- 1o - 12

cel mai simplu dispozitiv pentru exterior.

Dispozitivele AME-2 şi AME-3 sînt folosite la separatoarele de 35,6o şi 11o kV , primul pentru tipurile SME şi STE , al doilea pentru tipul STEP . Constructiv sînt formate tot din ansambluri de pîrghii .

Pentru separatoarele rotative de exterior se fabrică dispozitivul AME - 5 . Poate fi blocat mecanic sau electromecanic. Deblocarea se obţine prin rotirea mînerului de manevrare din poziţia verticală în poziţia orizontală şi apoi rotirea cu un unghi de 9o° în plan orizontal , în sensul deschiderii.

D i s p o z i t i v e d e a c ţ i o n a r e p n e u m a t i c ă , p e n t r u s e p a r a t o a r e p î n ă la 22o kV şi 315o tip AP.

Se fabrică în următoarele variante .

Dispozitivul AP-1 cu un singur piston cu dublă acţiune, cu transmisie prin pîrghie, de la tija pistonului la pîrghia de pe axa separatorului .

Dispozitivul AP-2 cu două pistoane solidarizate ,unul pentru închiderea unui separator şi altul pentru deschiderea unui separator de interior , cu transmisie directă.

Dispozitivele AP-3, AP-4 şi AP-5 sînt cu piston cu dublă acţiune.

Dispozitivele AP se fac în execuţie pentru interior şi pentru exterior . Funcţionează la 4,5 at (limitele 3-4,95 at).

Dispozitivele pneumatice au funcţionare sigură , permit acţionarea oricărui tip de separator , sînt simple, uşor de întreţinut şi permit comanda de la distanţă. Ca dezavantaj îl constituie faptul că necesită sursă de aer comprimat .Au posibilitatea să fie manevrate manual cînd aerul comprimat nu poate fi

Scanned with OKEN Scanner

cel mai simplu dispozitiv pentru exterior.

Dispozitivele AME-2 şi AME-3 sînt folosite la separatoarele de 35,6o şi 11o kV , primul pentru tipurile SME şi STE , al doilea pentru tipul STEP . Constructiv sînt formate tot din ansambluri de pîrghii .

Pentru separatoarele rotative de exterior se fabrică dispozitivul AME - 5 . Poate fi blocat mecanic sau electromecanic. Deblocarea se obţine prin rotirea mînerului de manevrare din poziţia verticală în poziţia orizontală şi apoi rotirea cu un unghi de 9o° în plan orizontal , în sensul deschiderii.

D i s p o z i t i v e d e a c ţ i o n a r e p n e u m a t i c ă , p e n t r u s e p a r a t o a r e p î n ă la 22o kV şi 315o tip AP.

Se fabrică în următoarele variante .

Dispozitivul AP-1 cu un singur piston cu dublă acţiune, cu transmisie prin pîrghie, de la tija pistonului la pîrghia de pe axa separatorului .

Dispozitivul AP-2 cu două pistoane solidarizate ,unul pentru închiderea unui separator şi altul pentru deschiderea unui separator de interior , cu transmisie directă.

Dispozitivele AP-3, AP-4 şi AP-5 sînt cu piston cu dublă acţiune.

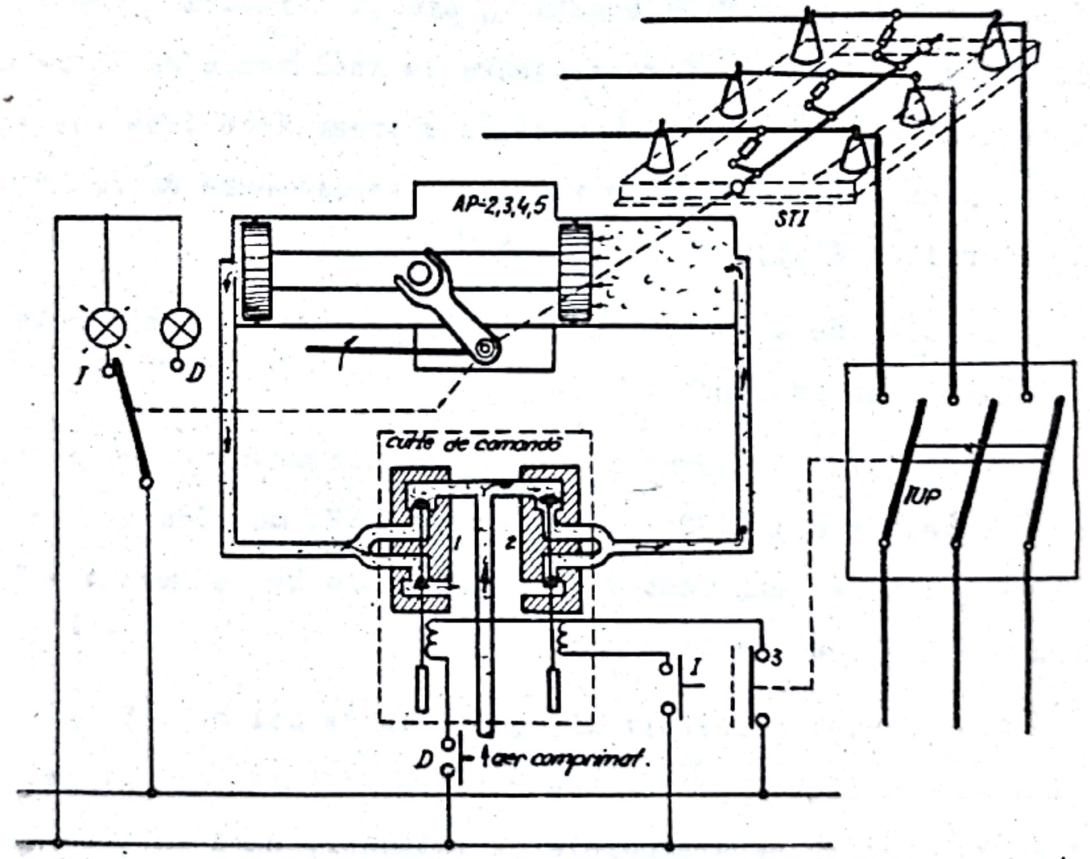
Dispozitivele AP se fac în execuţie pentru interior şi pentru exterior . Funcţionează la 4,5 at (limitele 3-4,95 at).

Dispozitivele pneumatice au funcţionare sigură , permit acţionarea oricărui tip de separator , sînt simple, uşor de întreţinut şi permit comanda de la distanţă. Ca dezavantaj îl constituie faptul că necesită sursă de aer comprimat .Au posibilitatea să fie manevrate manual cînd aerul comprimat nu poate fi

Scanned with OKEN Scanner

furnizat.

In fig.1o-13 este dată schema principială de acţionare cu dispozitive pneumatice de tip AP-2,- 3, - 4 , - sau - 5 .Acţionarea se poate face prin alimentarea ventilelor electromagnetice 1 sau 2 realizată prin apăsarea pe butonul "D" sau "I" numai dacă contactul de blocare electrică 3 este închis, adică întreruptorul(IUP) este deschis. Pot fi montate şi lămpi care pot semnaliza optic poziţia separatorului.



Acţionare pneumatică cu dispozitiv tip AP, cu schemă de blocaj electropneumatic şi semnalizare optică a poziţiei separatorului; I - închis ; D - deschis ; 1,2 - ventile electromagnetice ; 3 - contact de blocare.

Fig.1o-13

1o-1o. <u>Alegerea separatoarelor</u>

Alegerea corectă a separatoarelor se poate realiza numai

dacă există o cunoaştere profundă a construcţiei şi calităţilor separatoarelor , precum şi a condiţiilor în care vor lucra.

Prima condiţie este ca tensiunea nominală şi curentul nominal să corespundă instalaţiei care o deserveşte. O atenţie deosebită trebuie acordată asigurării stabilităţii termice şi electrodinamice a separatorului , adică curenţii lui limită termic şi dinamic să fie superiori celor din circuitele în care se vor monta.

Dacă separatoarele de exterior vor funcţiona în zone cu praf mult sau cu atmosferă bogată în agenţi agresivi (vapori de acizi etc) se vor folosi separatoare cu izolatoare cu linie de fugă mărită sau chiar separatoare cu o treaptă de tensiune superioară tensiunii nominale a reţelei (separatoare de 1o kV pentru linii de 6 kV).

Trebuie, de asemenea, să se ţină seama că separatoarele pot închide sau întrerupe:

1. Curentul de magnetizare al transformatoarelor de forţă cu puterea de max . 32o kVA pînă la 1o kV; max.56o kVA pînă la 22 kV inclusiv; max 1ooo kVA pînă la 11o kV şi max 4 - 5 A pentru 11o kV sau 22o kV.

2. Curentul capacitiv al reţelelor de cel mult 5 km lungime şi max 1o kV pentru separatoare de interior şi cel mult 1o km pentru separatoarele de exterior, dacă în timpul separării nu există un scurtcircuit.

Scanned with OKEN Scanner

11. CONTACTOARE DE INALTA TENSIUNE

In instalaţiile electrice contactoarele de înaltă tensiune îndeplinesc acelaşi rol ca şi contactoarele de joasă tensiune . Se construiesc în ulei, aer şi vid .Contactoarele în ulei au o construcţie similară contactoarelor de joasă tensiune tip clapetă , uleiul avînd aceleaşi avantaje şi dezavantaje.

Tendinţa actuală este de a folosi contactoare de înaltă tensiune în aer. Nu pot întrerupe scurtcircuite.Puterea de rupere este în medie 1 ÷ 2o MVA . Se construiesc pentru tensiuni de 6 ÷ lo kV şi curenţi sub 4oo A, rar pînă la looo A.

Domeniile de utilizare sînt :

1. Comanda motoarelor asincrone cuplate direct la reţelele de 6 ÷ lo kV ce acţionează pompe, ventilatoare , compresoare, grupuri convertizoare, mori, etc;

2. Comanda motoarelor sincrone cu mers continuu;

3. Manevrarea bateriilor de condensatoare folosite la îmbunătăţirea factorului de putere;

4. Comanda cuptoarelor electrice cu arc sau de inducţie etc;

Contactoarele de înaltă tensiune nu pot îndeplini funcţia

Scanned with OKEN Scanner

de separator . Această funcţie o realizează siguranţele fuzibile asociate contactorului pentru scurtcircuite .Pentru protecţie pot avea şi relee.

Avantajele aduse de contactoarele de înaltă tensiune sînt :

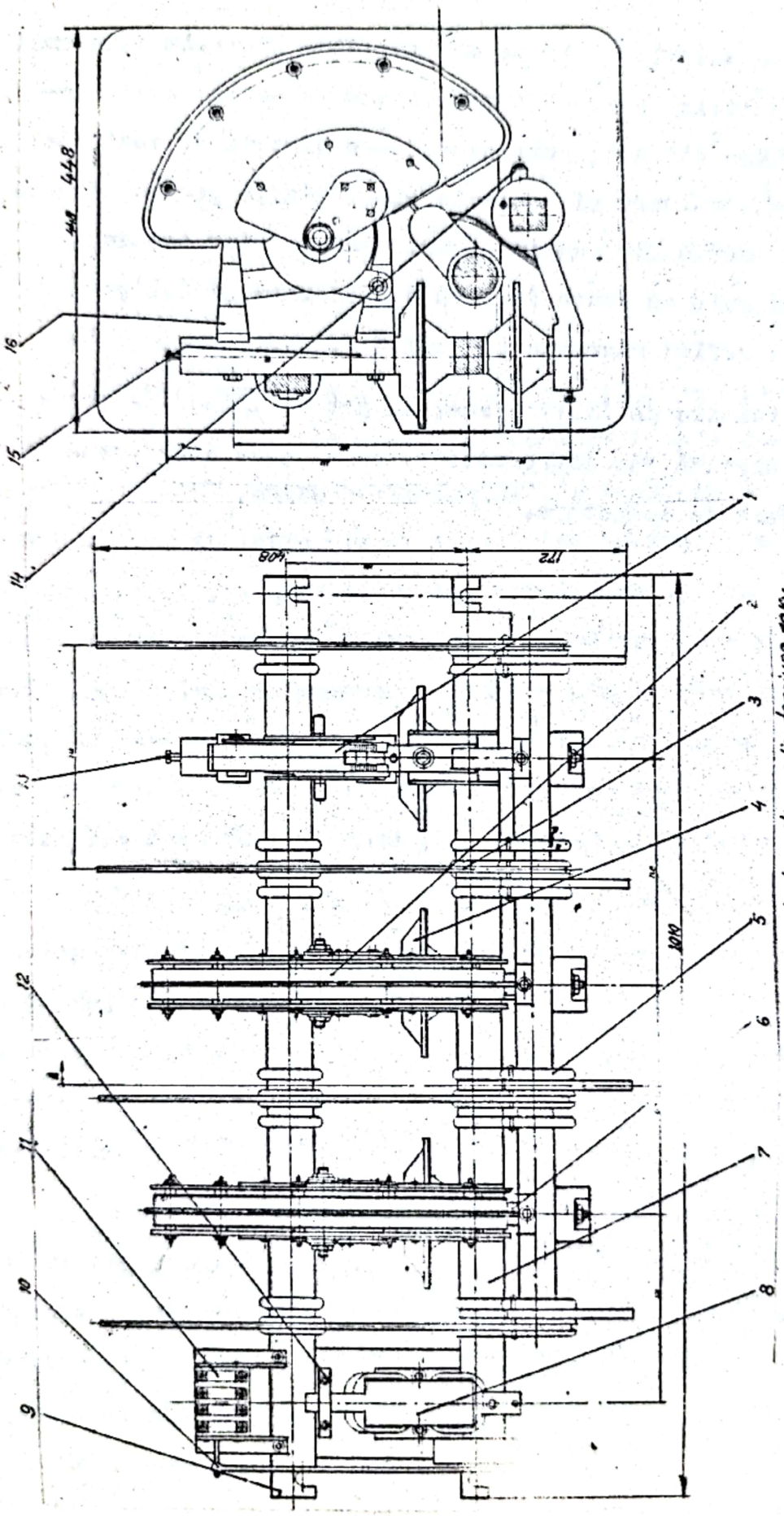
1. greutate specifică mai redusă (Kg/Kw) ;
2. factor de putere mai bun ;
3. autonomia aparatului ;
4. eliminarea unui etaj de transformare;
5. gabarit redus etc.

Tara noastră se va axa pe fabricarea contactoarelor în aer cu suflaj magnetic , clasic sau solenare , deoarece au: autonomie completă ; robusteţă electrică şi mecanică mare ; supratensiuni de comutaţie nepericuloase ; întreţinere uşoară , pericol de incendiu redus etc.

In fig.11-1 este dat un tip de contactor cu contacte în aer şi suflaj magnetic. Se fabrică mono; bi-sau tripolare. Unii autori le tratează în cadrul întreruptoarelor . Ele se deosebesc de acestea prin frecvenţa ridicată de conectare şi numărul mare de manevrări pe care le pot suporta, avînd specific contactoarelor acţionarea altfel decît manual. Construcţiile actuale sînt pentru curent alternativ . Acţionarea electromagnetică este în curent alternativ sau continuu , tensiunea de alimentare fiind frecvent pînă la 220 V c.c şi 380 V c.a.

Deosebirile constructive faţă de contactoarele de joasă tensiune apar datorită stingerii mai dificile a arcului şi datorită necesităţii izolaţiei mai mari . Contactoarele de înaltă tensiune se fac numai pentru interior. Izolarea circuitelor

Scanned with OKEN Scanner



Contactor de medie tensiune 10kV.

1- Contacte bobine suflaj; 2- Camera de stingere; 3- Izolant; 4- Izolatori; 5- Izolatori; 6- Trese; 7- Ax de rotatie; 8- Electromagnet; 9- Borna de prindere; 10- Ax de intersectare; 11- Contacte auxiliare; 12- Opritor; 13- Borna de intrare; 14- Borna de iesire; 15- Izolatie bobina suflaj; 16- Picior bobina de suflaj.

Fig.11-1

principale este astfel făcută ca să împiedice apariţia tensiunii înalte pe circuitele de joasă tensiune sau un scurtcircuit între faze. Pentru stingere contactorul are sisteme de contacte cu contacte pentru lucru şi contacte specializate pentru stingere , existînd coarne de alungire foarte lungi , iar camera de stingere (obişnuit cu fantă îngustă) este mare şi echipată cu o bobină de suflaj magnetic puternică.

Contactoarele de înaltă tensiune pot fi înlocuite de separatoare de sarcină sau întreruptoare numai dacă este vorba de o frecvenţă rară de conectare.

12. INTRERUPTOARE DE INALTA TENSIUNE

12.1. Generalităţi

Intreruptoarele de înaltă tensiune sînt destinate pentru comutaţia circuitului de curent alternativ (obişnuit) cu tensiunea peste 1 kV pentru toate regimurile posibile în exploatare; stabilirea şi întreruperea curenţilor nominali, a curenţilor de scurtcircuit , a curenţilor de mers în gol ai transformatoarelor , a capacităţilor bateriilor de condensatoare şi liniilor lungi .Sînt cele mai importante aparate din sistemele electroenergetice de care depinde stabilitatea şi continuitatea în alimentarea cu energie electrică. Deoarece întreruperea este operaţia mai dificilă, a fost încetăţenită noţiunea de întreruptor.

P r i n î n t r e r u p t o a r e d e p u t e r e se înţeleg aparatele de conectare capabile să suporte şi să întrerupă curenţi în condiţiile normale ale circuitului şi de asemenea să stabilească, să suporte pe durată specificată şi să întrerupă curenţi în condiţii anormale ale circuitului, cum sînt cele de scurtcircuit (STAS 3686-63).

Cu ajutorul întreruptoarelor se efectuează, în regim normal de funcţionare a instalaţiilor, toate operaţiile necesare de conectare, deconectare şi comutare a circuitelor electrice sub sarcină şi în gol, iar în regim de avarii, deconectarea automată a porţiunilor avariate a circuitelor, avînd uneori şi posibilităţi de reanclanşare automată.

Scanned with OKEN Scanner

Intreruptoare de înaltă tensiune se montează :

1. în vecinătatea generatoarelor, necesitînd puteri şi curenţi de rupere mari la tensiuni medii (6 ÷ 15 kV)şi durată de acţiune o,1 ÷ o,2 s;

2. In staţii de distribuţie , unde puterile de rupere sînt în medie 1oo ÷ 3oo MVA, curenţii nominali mai mici (2oo÷6oo A), durata de acţiune sub o,1 s şi apare necesitatea de reanclanşare automată;

3. In substaţii care necesită puteri mari de rupere, tensiuni ridicate ($U_n \geqslant$ 11o kV) , durată de conectare redusă (o,o1 ÷ o,o8 s) şi reanclanşarea automată unică sau repetată independent pe fiecare fază.

Condiţiile principale impuse întreruptoarelor sînt:

1. Caracteristicile întreruptorului să corespundă datelor sale nominale şi să se menţină pe o durată cît mai mare de exploatare (longevitate) ;

2. Siguranţă mare în exploatare în toate regimurile posibile de funcţionare (stabilitate termică şi electrodinamică);

3. Acţionare cît mai rapidă , fără producerea de supratensiuni periculoase şi capacitatea de a suporta supratensiunile posibile;

4. Capacitatea de a permite reanclanşarea automată (RA) şi reanclanşare automată rapidă (RAR) mono - sau trifazată,adică automatizarea manevrării pe cît posibil independentă de sursa exterioară;

5. Să ofere posibilitatea ca fazele să funcţioneze independent la tensiuni de 11o kV şi peste ;

6. Intreruptoarele de exterior să reziste acţiunii agenţilor exteriori (umiditate, temperatură, praf etc) şi să

permită funcţionarea la altitudini pînă la 1000 m ;

7. Să poată funcţiona pe instalaţii mobile (locomotive electrice , vapoare, instalaţii mobile de încercări. etc.).

8. Să aibă greutate şi gabarite reduse , să fie uşor de întreţinut , să aibă cît mai multe elemente tipizate (economicitate).

Nefuncţionarea corectă a întreruptoarelor dăunează foarte mult electroenergeticii prin prejudiciile economice mari pe care le produce datorită întreruperii alimentării cu energie electrică a întreprinderilor industriale .

La toate întreruptoarele moderne stingerea arcului este asigurată prin alimentarea zonei arcului cu un mediu de stingere care are o disociere a particulelor , la o presiune mare şi cu viteză mare de scurgere . Principial la toate întreruptoarele de înaltă tensiune, stingerea se practică printr-o răcire intensivă a arcului, la trecerea sa prin zero.

Se fabrică numeroase tipuri de întreruptoare avînd ca mediu de stingere lichide (ulei de transformator , apă. etc),gaze comprimate(aer comprimat , SF_6 etc), gaze regenerate sau vidul. Există şi întreruptoare cu suflaj magnetic . Specialiştii din ţara noastră s-au oprit la întreruptoarele cu ulei care prezintă unele avantaje : au autonomie în funcţionare, suficientă siguranţă, sînt uşor de întreţinut, se pot construi pentru toată gama noastră de tensiuni, curenţi şi puteri. etc.

12.2. Intreruptoare cu ulei

12.2.1. G e n e r a l i t ă ţ i

Intreruptoarele cu ulei folosesc uleiul ca mediu de stingere, iar în cazul întreruptoarelor cu ulei mult şi ca mediu izolant.

După cantitatea şi caracterul utilizării uleiului

există două categorii de întreruptoare cu ulei de transformator: cu ulei mult şi cu ulei puţin.

La prezentarea tipurilor constructive ne vom opri în special la produsele româneşti , deoarece sînt frecvent întîlnite în exploatare, iar cele străine au o construcţie principial asemănătoare, sau sînt foarte puţin răspîndite.

12.2.2. Intreruptoare cu ulei mult

Tehnica mondială a produs o mare varietate de întreruptoare cu ulei mult, cuprinzînd gama de tensiuni 3÷500 kV, de curenţi 50 ÷ 15000 A şi de puteri de rupere 50 ÷ 25000 MVA.

Ţara noastră s-a limitat numai la construcţii pînă la 35 kV , datorită dezavantajelor acestor întreruptoare : pericol de explozii şi incendii, dimensiuni şi greutate mari , dificultăţi mari de utilizare în interior , necesitatea periodică de curăţire a uleiului şi dificil de efectuat practic, posibilităţi limitate pentru RAR , imposibilitatea de a crea serii unitare pe principiul modulului,uzură mare datorită pieselor grele aflate în mişcare, revizie foarte greoaie la 110 kV şi peste . Succesele actuale axate în direcţia micşorării greutăţii, volumului de ulei, a creşterii puterii de rupere prin folosirea camerelor cu jet forţat de ulei,a cuvelor de forme speciale , care au mărit foarte mult posibilităţile actuale a acestor întreruptoare n-au fost suficient de convingătoare.

Construcţiile pînă la 35 kV au fost totuşi menţinute datorită unor avantaje: construcţie simplă, pot funcţiona în exterior pînă la cele mai scăzute temperaturi de la noi, au putere de rupere suficientă, nu necesită personal cu calificare înaltă pentru întreţinere, au rezistenţă mecanică mare , pot funcţiona în cele mai grele condiţii de exploatare etc.

Scanned with OKEN Scanner

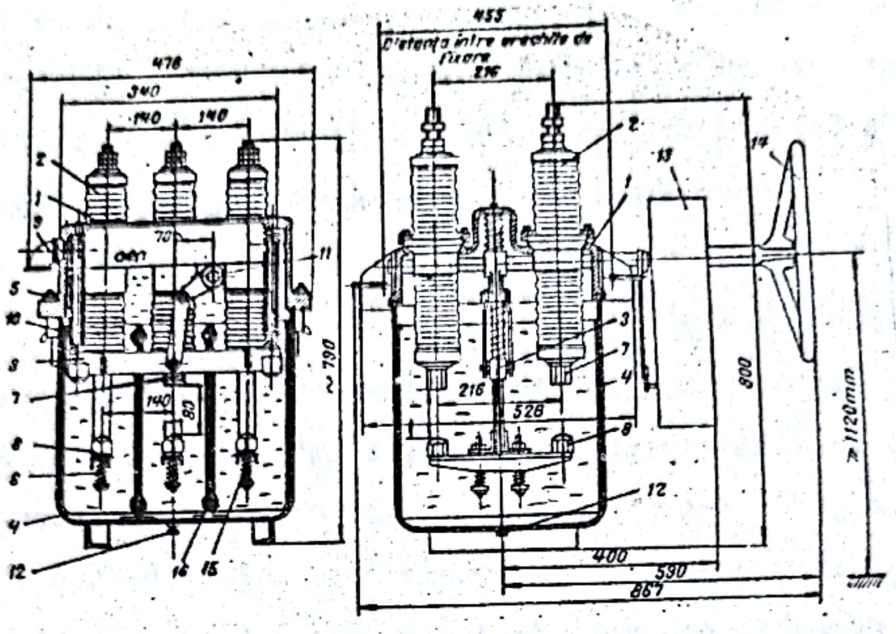
Intreruptoarele cu ulei mult au dispozitivele de conectare - deconectare situate într-o cuvă metalică cu mult ulei, utilizat pentru stingerea arcului şi ca masă dielectrică izolantă între faze şi faţă de cuva pusă la pământ . La puteri mici, pot lipsi dispozitivele de stingere, obligatorii la puteri mai mari.

I n t r e r u p t o a r e c u u l e i m u l t p e n t r u i n t e r i o r tip IU-;IUM - 6 kV . Aceste întreruptoare sînt destinate pentru instalaţii interioare (staţii de distribuţie şi de transformare) . Sînt folosite ca aparate de manevră şi de protecţie la scurtcircuite . Există două tipuri pentru curenţii nominali de 4oo şi 6oo A în două variante :IU şi IUM.

Intreruptorul tip IU are dispozitivul de acţionare solidar cu întreruptorul şi permite deschiderea voită manual, de la distanţă prin bobina de deschidere şi automat prin relee .Inchiderea se poate face numai manual.

Intreruptorul tip IUM nu posedă dispozitiv propriu de acţionare .Poate fi cuplat cu dispozitivele DMI-4 ,DSI-2 sau DPI.

In fig.12-1 este prezentat tipul IU în două vederi, similar tipului IUM, pentru a-i reţine aspectul şi elementele componente . Cei trei poli ai întreruptorului sînt montaţi pe un capac de fontă (1), introduşi într-o cuvă (4) cu ulei de transformator. Trecerea se face cu izolatoare (2) de lo kV . Pentru reducerea curenţilor turbionari capacul trebuie făcut din fontă nemagnetică , prevăzut cu crestături umplute cu material neferomagnetic sau folosind spire în scurtcircuit (prima soluţie este folosită la noi) . Cuva are pereţi izolanţi (16) între faze, robinet (12) pentru golirea uleiului şi pentru luarea de probe şi indicator de nivel . Intreruptorul este prevăzut cu dispozitiv manual



Întreruptor cu ulei mult, 10-6 (IUM-6)
1- capac; 2- izolator de 10 kv; 3- echipaj mobil; 4- cuvă; 5- piulițe pentru strîngerea cuvei; 6- resort pentru presarea contactelor; 7- contact fix; 8- contact mobil; 9- cot pentru evacuarea gazelor; 10- izolație cuvei; 11- axul principal; 12- robinet pentru evacuarea uleiului; 13- tablou de declanșare (broască); 14- roată de acționare; 15- resoarte pentru forța de apăsare și amortizare la deschidere; 16- perete izolant.

Fig.12- 1

pentru ridicarea şi coborîrea cuvei . Contactele fixe 7 ale fazelor sînt cufundate în cuva comună , iar contactele mobile sînt fixate pe o traversă bună conductoare, antrenată de o tijă verticală izolantă, care este acţionată de un mecanism bielă-manivelă . Pe tijă este un resort , care este comprimat la închidere şi menţinut în această poziţie de un clichet(broască) . La declanşare , clichetul se desface şi contactele se deschid sub acţiunea resortului şi a greutăţii proprii. Intreruperea fiecărei faze se realizează simultan în două puncte, iar arcul care apare produce o vaporizare intensă a uleiului , care măreşte presiunea în cuvă, făcînd ca aerul de la partea superioară şi chiar o parte din ulei să iasă din cuvă prin ţeava de evacuare a gazelor 9.

Deasupra uleiului se lasă o pătură de aer (saltea sau pernă) pentru a limita presiunea care se dezvoltă în aparat în momentul deconectării şi pentru a da posibilitatea uleiului să se dilate la variaţii de temperatură. Grăsimea saltelei este optimă dacă la deconectări normale presiunea în cuvă atinge 7 at(2o÷3o% din volumul cuvei).

Presiunea prea mare duce la o "explozie primară " a cuvei care se evită prin montarea unei conducte 9 de evacuare şi la unele tipuri străine şi a unui dispozitiv de separare a gazelor fierbinţi de ulei. Poate exista pericolul " exploziei secundare " a cuvei datorită amestecului de gaze cu aerul din saltea şi a formării carburei de cupru ($Cu_2 C_2$) care vine în contact cu cuprul căilor de curent , Aceste situaţii se rezolvă prin asigurarea unei înălţimi suficiente de ulei deasupra arcului şi respectiv prin cositorirea sau argintarea pieselor de cupru aflate în ulei pentru a evita contactul direct cu acetilena din gaze.

Unele întreruptoare dispun de un răcitor al gazelor fierbinţi pentru a evita contactul gazelor fierbinţi (ionizate) cu instalaţia electrică.

Pentru controlul uleiului se prevede indicator de ulei care funcţionează pe principiul vaselor comunicante sau cu flotor.

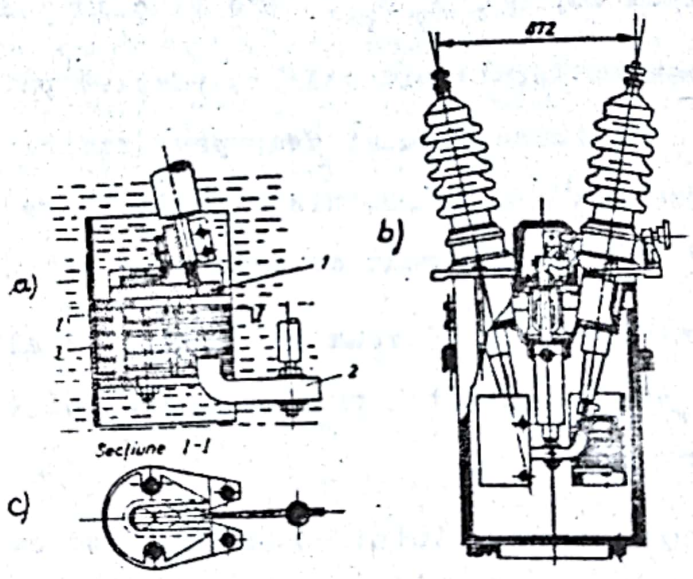
La întreruptoarele cu ulei se aplică mult ruperea în două puncte sau ruperea multiplă care are avantajele : măreşte viteza de deconectare de n ori (n numărul punctelor de rupere) faţă de viteza mecanică ; 2) cursa contactelor se reduce de n ori ; 3) se accelerează refacerea rigidităţii ; 4) apar arce mai scurte care au trasee predestinate ; 5) apar picioare de arc multiple care favorizează răcirea arcului şi deci stingerea.

Intreruptoarele tip IU şi IUM pot rupe puteri pînă la 5o

MVA la un curent maxim de rupere de 9,6 kA.

La ruperea în două puncte cu stingerea liberă în ulei performanţele sînt reduse. Nu se poate folosi la tensiuni peste lo kV şi puteri peste 15o MVA . Nu poate rupe curenţi de scurt-circuit prea mari, deoarece arcul durează prea mult, lo ÷ 15 perioade (o,1 ÷ o,15 s) .

I n t r e r u p t o a r e c u u l e i m u l t p e n t r u e x t e r i o r tip IU - 35 kV. Intreruptorul este tripolar , fiecare fază avînd cuvă separată. Cuvele sînt de secţiune eliptică . Pe fiecare fază sînt două puncte de rupere (fig- 12- 2) . Contactele sînt de tip liniar . Contactele fixe sînt



Intreruptor IU-35 ; a - camera de stingere cu suflaj transversal ; b - vedere laterală ; 1 - contact fix ; 2 - contact mobil ; 3 - plăci de oţel .

Fig.12 - 2

din CuE , iar contactele mobile sînt construite din alamă presată, cu profil de minimă rezistenţă la frecare în ulei. Cuvele au pereţi izolanţi în interior, iar ridicarea şi coborîrea lor se

Scanned with OKEN Scanner

face manual cu un dispozitiv cu scripeţi . Pentru mărirea puterii de rupere, întreruptorul este prevăzut cu camere de stingere "deion " în ulei (fig.12-2 a şi c) cu grătare de plăci de oţel în formă de potcoavă , intercalate între plăci izolatoare .Arcul, care se formează în interiorul potcoavei , este atras spre plăcile metalice prin efectul de nişă , iar gazele rezultate se deplasează în sens invers , răcind şi lungind arcul.

Izolatoarele de trecere sînt compuse din două elemente: un izolator de porţelan şi în interiorul său un izolator tip condensator . Intreruptorul este prevăzut cu 6 transformatoare de curent montate pe borne sub capac în interiorul cuvei la fiecare fază (intrare şi ieşire) .

Intreruptorul IU-35 poate fi acţionat cu dispozitivul DMI-1, DPE-1, DRE-1, DRI -1 sau DSE. Se construieşte pentru curentul nominal de 6oo A, dar poate avea transformatoarele de curent construite pentru una din cele trei variante 5o ÷ 15o A , 1oo ÷ 3oo A şi 2oo ÷ 6oo A cu posibilitatea de a obţine curenţi din seria standardizată . Are puterea de rupere de 4oo MVA şi curentul de rupere de 6,6 kA. Montarea izolatoarelor este înclinată,deoarece în aer sînt necesare distanţe izolante mai mari decît în ulei şi o astfel de aranjare reduce gabaritul. Funcţionarea este similară tipului IU-6 cu deosebirea că există un suflaj transversal al arcului datorită camerelor de stingere.

Exploziile care se pot produce la astfel de întreruptoare se pot datora scurtcircuitelor violente care depăşesc puterea reală de rupere a întreruptorului ca urmare a creşterii puterii instalate în zona respectivă sau din cauza întreţinerii necorespunzătoare .

12.2.3. I n t r e r u p t o a r e c u u l e i p u ţ i n

Intreruptorul cu ulei puţin predomină în instalaţiile

noastre electroenergetice datorită avantajelor sale: 1)construcţie mai simplă decît a întreruptoarelor cu aer comprimat; 2)greutate redusă , gabarit mic , materiale mai puţine , inclusiv o cantitate de ulei mică ; 3) revizie uşoară ; 4) posibilitatea construirii seriilor unitare pe principiul modulului;5)posibilitatea de a putea fi construit pentru interior şi exterior; 6)cameră gata permanent de a funcţiona etc. Ca dezavantaje are: 1) pericol de explozie şi incendiu ; 2) putere de rupere limitată; 3) revizie frecventă a camerelor de stingere; 4) dificultăţi la folosirea în montaje cu RAR ; 5) mai puţin sigur decît întreruptorul cu ulei mult; 6) dificultăţi legate de încălzirea uleiului la temperaturi scăzute etc.

Uleiul este folosit numai la stingerea arcului , izolarea făcîndu-se cu materiale solide ceramice sau organice şi aer. Se pot executa pentru toată scara tensiunilor pînă la 5oo kV şi puteri de rupere de max 12.ooo MVA.

Electroputere Craiova a realizat două serii de întreruptoare : 1) seria veche tip IUP pînă la 11o kV şi 2) seria nouă pînă la 22o kV cu posibilitatea de extindere pînă la 4oo kV.

I n t r e r u p t o a r e c u u l e i p u ţ i n tip IUP 1o ÷ 15 kV/6oo ÷ 1ooo A (Fig.12-3). Seria de întreruptoare de medie tensiune trifazate cu ulei puţin, tip IUP la tensiunile de 1o şi 15 kV , este destinată pentru instalaţii interioare (staţii de distribuţii şi de transformare) cu frecvenţa de 5o Hz . S-au construit pentru 6oo şi 1ooo A . Cantitatea de ulei este foarte redusă : aprox 9 kg ulei. Pînă la 2o kV camerele de stingere se fac metalice .Intreruptorul este compus din trei cuve ce conţin camerele de stingere şi contactele.

Camera de stingere este introdusă într-o cuvă de oţel 1 cu poziţia de funcţionare verticală . Menţinerea nivelului de

noastre electroenergetice datorită avantajelor sale: 1)construcţie mai simplă decît a întreruptoarelor cu aer comprimat; 2)greutate redusă , gabarit mic , materiale mai puţine , inclusiv o cantitate de ulei mică ; 3) revizie uşoară ; 4) posibilitatea construirii seriilor unitare pe principiul modulului;5)posibilitatea de a putea fi construit pentru interior şi exterior; 6)cameră gata permanent de a funcţiona etc. Ca dezavantaje are: 1) pericol de explozie şi incendiu ; 2) putere de rupere limitată; 3) revizie frecventă a camerelor de stingere; 4) dificultăţi la folosirea în montaje cu RAR ; 5) mai puţin sigur decît întreruptorul cu ulei mult; 6) dificultăţi legate de încălzirea uleiului la temperaturi scăzute etc.

Uleiul este folosit numai la stingerea arcului , izolarea făcîndu-se cu materiale solide ceramice sau organice şi aer. Se pot executa pentru toată scara tensiunilor pînă la 5oo kV şi puteri de rupere de max 12.ooo MVA.

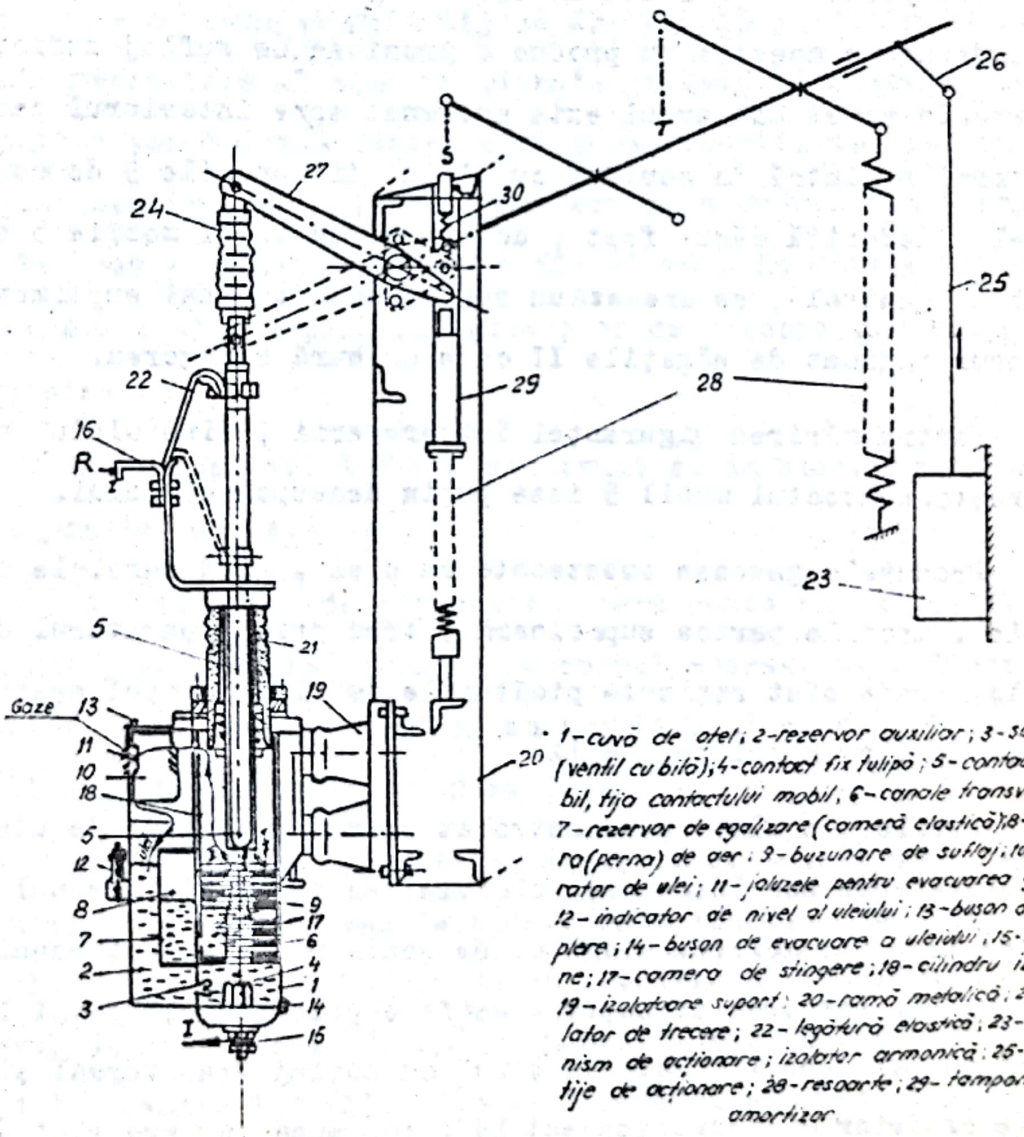
Electroputere Craiova a realizat două serii de întreruptoare : 1) seria veche tip IUP pînă la 11o kV şi 2) seria nouă pînă la 22o kV cu posibilitatea de extindere pînă la 4oo kV.

I n t r e r u p t o a r e c u u l e i p u ţ i n tip IUP 1o ÷ 15 kV/6oo ÷ 1ooo A (Fig.12-3). Seria de întreruptoare de medie tensiune trifazate cu ulei puţin, tip IUP la tensiunile de 1o şi 15 kV , este destinată pentru instalaţii interioare (staţii de distribuţii şi de transformare) cu frecvenţa de 5o Hz . S-au construit pentru 6oo şi 1ooo A . Cantitatea de ulei este foarte redusă : aprox 9 kg ulei. Pînă la 2o kV camerele de stingere se fac metalice .Intreruptorul este compus din trei cuve ce conţin camerele de stingere şi contactele.

Camera de stingere este introdusă într-o cuvă de oţel 1 cu poziţia de funcţionare verticală . Menţinerea nivelului de

Scanned with OKEN Scanner

ulei constant în cuvă se face prin rezervorul suplimentar 2, care comunică cu cuva 1 prin supapa 3, care lasă să treacă ulei numai din rezervor spre cuvă, blocînd circulaţia în sens invers, cînd există presiunea în cuvă. La deconectare între contactul - tulipă fix 4 şi cel mobil 5 apare arcul electric, care descompunînd uleiul măreşte presiunea în cameră. Cînd contactul mobil, deplasîndu-se în sus deschide pe rînd canalele transversale 6, uleiul din partea inferioară a camerii, datorită presiunii ridicate produce un suflaj transversal pe arc stingîndu-l (săgeţile I). Cînd canalele erau încă obturate punga de gaze din jurul



1-cuvă de oţel; 2-rezervor auxiliar; 3-supapă; (ventil cu bilă); 4-contact fix tulipă; 5-contact mobil, tijă contactului mobil, 6-canale transversale. 7-rezervor de egalizare (cameră elastică); 8-pătură (perna) de aer; 9-buzunare de suflaj; 10-separator de ulei; 11-jaluzele pentru evacuarea gazelor; 12-indicator de nivel al uleiului; 13-buşon de umplere; 14-buşon de evacuare a uleiului; 15-16-borne; 17-camera de stingere; 18-cilindru izolant. 19-izolatoare suport; 20-ramă metalică; 21-izolator de trecere; 22-legătură elastică; 23-mecanism de acţionare; izolator armonică; 25-26-27-tije de acţionare; 28-resoarte; 29-tampon; 30-amortizor

Fig.12- 3

arcului (partea inferioară a camerii) face să crească nivelul de ulei din rezervorul 7, comprimînd perna de aer 8. La trecerea naturală a curentului prin zero presiunea din cameră tinde să scadă , însă ea este menţinută la un nivel corespunzător cu ajutorul aerului comprimat din spaţiul 8, care egalizează presiunea din camera tulipei 4, trimiţînd ulei rece în zona arcului.

In afară de egalizarea presiunii, perna de aer 8, mai rolul de a prelua suprapresiunile care apar la valorile mari ale curenţilor de scurtcircuit.

Buzunarele 9 au rolul să ajute la stingerea curenţilor mici , deoarece aceştia nu produc o presiune de suflaj suficient de mare.In acest caz arcul este antrenat spre interiorul central al camerei şi intră în contact cu uleiul din pungile 9 descompunîndu-l , datorită cărui fapt , după ieşirea tijei mobile 5 din orificiul central , se creează un suflaj longitudinal suplimentar în sensul indicat de săgeţile II care asigură stingerea.

Pentru mărirea siguranţei întreruperii , cînd uleiul se murdăreşte, contactul mobil 5 iese puţin deasupra uleiului.

Produsele gazoase amestecate cu ulei , cînd canalele se deschid , urcă la partea superioară , trec prin separatorul de ulei lo, unde sînt reţinute picăturile de ulei şi apoi eşapează în atmosferă prin jaluzelele 11.

Nivelul de ulei este controlat prin indicatorul de ulei 12. Completarea sau înlocuirea uleiului se face prin buşonul de umplere 13 , iar golirea uleiului se poate realiza cu buşonul de evacuare 14. Intrarea şi ieşirea se face prin bornele 15 şi 16. Camera de stingere 17 este de tipul cu suflaj transversal şi are la exterior cilindrul izolant 18 , împreună cu care sînt situate în cilindrul de oţel 2, care fiind la potenţialul liniei ,

Scanned with OKEN Scanner

arcului (partea inferioară a camerii) face să crească nivelul de ulei din rezervorul 7, comprimînd perna de aer 8. La trecerea naturală a curentului prin zero presiunea din cameră tinde să scadă , însă ea este menţinută la un nivel corespunzător cu ajutorul aerului comprimat din spaţiul 8, care egalizează presiunea din camera tulipei 4, trimiţînd ulei rece în zona arcului.

In afară de egalizarea presiunii, perna de aer 8, mai rolul de a prelua suprapresiunile care apar la valorile mari ale curenţilor de scurtcircuit.

Buzunarele 9 au rolul să ajute la stingerea curenţilor mici , deoarece aceştia nu produc o presiune de suflaj suficient de mare.In acest caz arcul este antrenat spre interiorul central al camerei şi intră în contact cu uleiul din pungile 9 descompunîndu-l , datorită cărui fapt , după ieşirea tijei mobile 5 din orificiul central , se creează un suflaj longitudinal suplimentar în sensul indicat de săgeţile II care asigură stingerea.

Pentru mărirea siguranţei întreruperii , cînd uleiul se murdăreşte, contactul mobil 5 iese puţin deasupra uleiului.

Produsele gazoase amestecate cu ulei , cînd canalele se deschid , urcă la partea superioară , trec prin separatorul de ulei lo, unde sînt reţinute picăturile de ulei şi apoi eşapează în atmosferă prin jaluzelele 11.

Nivelul de ulei este controlat prin indicatorul de ulei 12. Completarea sau înlocuirea uleiului se face prin buşonul de umplere 13 , iar golirea uleiului se poate realiza cu buşonul de evacuare 14. Intrarea şi ieşirea se face prin bornele 15 şi 16. Camera de stingere 17 este de tipul cu suflaj transversal şi are la exterior cilindrul izolant 18 , împreună cu care sînt situate în cilindrul de oţel 2, care fiind la potenţialul liniei ,

Scanned with OKEN Scanner

este izolat prin izolatoarele suport 19 de rama metalică 2o pusă la pămînt. Tija cu contactul mobil 5 , se mişcă liber prin izolatorul de trecere 21, care are rolul de ghidaj de izolaţie faţă de cilindrul aflat sub tensiune . Pe capa izolatorului de trecere se află fixată o bridă de oţel pentru susţinerea bornei R a întreruptorului . Trecerea curentului de la această bornă la tija mobilă 5 se face cu legătura flexibilă de cupru 22. Brida de oţel singură ar realiza un contact nesigur .Izolatorul 24 tip armonică izolează tija mobilă de corpul metalic al întreruptorului şi transmite mişcarea de la mecanismul de acţionare 23 pe care o primeşte prin tijele 23- 24- 25 şi 26.In poziţia închis resoartele 27 sînt tensionate şi asigură energia mecanică pentru deschidere. Pentru a micşora curenţii turbionari din părţile metalice se folosesc îmbinări prin sudură din alamă, iar la looo A cilindrii se fac din alamă , fundurile din cupru şi capacele şi flanşele izolatoarelor de trecere din fontă nemagnetică .

Intreruptorul IUP s-a construit şi în varianta pe cărucior pentru celule.

Dispozitivul de acţionare , care poate fi DMI-5,DPI, DSI sau DRI , se montează separat pe corpul aparatului . Amortizarea şocului la deschidere se face cu amortizorul cu ulei 29, iar la închidere prin tamponul cu resort 3o.

Intreruptorul IUP are următoarele caracteristici tehnice principale : 1) puterea de rupere este loo MVA la 3 kV; 2oo MVA la 6 kV; 35o MVA la lo kV şi 4oo MVA pentru 15 kV, 2)Curentul de rupere este de 2o kA pentru varianta IUP -lo şi de 15,4 kA pentru IUP -15 . Timpul de deschidere este mare : o,1 - o,14 s.

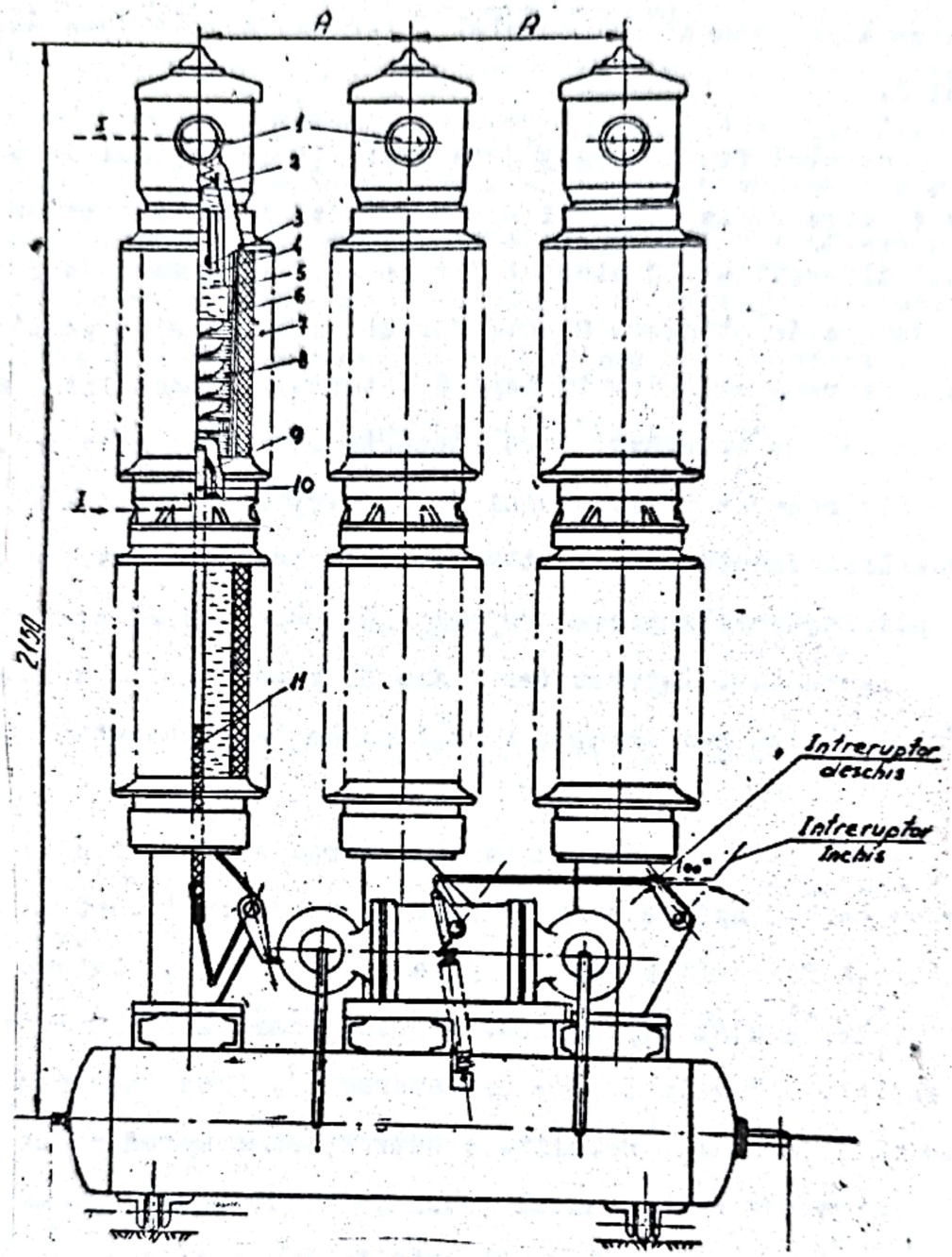
Gabaritul mare , puterea de rupere mică,durata de acţio-

nare mare, contacte slabe, cameră metalică, izolatorul armonică, sînt elemente care au dus la fabricarea unei serii noi de întreruptoare cu ulei cu suflaj longitudinal de tip IUP, ce va înlocui treptat acest tip de întreruptor.

Intreruptor cu ulei puţin , de 35 kV şi 1250A pentru interior tip IUP - 35/I/1250 A şi de exterior de tip IUP 35 E/1250 A (fig.12-4). Intreruptoarele cu ulei puţin tip IUP 35 I şi IUP 35 E sînt construite pentru instalaţii de interior, respectiv de exterior , la tensiunea nominală de 35 kV şi frecvenţa 50 Hz. Sînt de acelaşi tip constructiv , cu deosebirea că la întreruptorul IUP-35 E este asigurată izolaţia şi etanşietatea pentru exterior. Se execută cu cele trei faze montate pe suport comun, iar contactele sînt manevrate simultan printr-un ax comun. Inchiderea şi deschiderea se face cu un dispozitiv de acţionare pneumatic montat în suportul întreruptorului şi poate efectua repetarea automată rapidă, dacă se montează relee speciale.

Camera de stingere a arcului electric este de tipul cu suflaj longitudinal şi transversal prin piston diferenţial 2, montat în izolatorul superior. Izolatorul superior conţine camera de stingere şi contactele , iar uleiul cu care este umplut pînă la indicatorul de ulei 1 serveşte numai ca mediu de stingere. Izolatorul superior este montat pe izolatorul suport în care se află tija izolantă 11 , solidară cu tija contactului mobil prin care se transmite mişcarea de la dispozitivul de acţionare. Noul tip de întreruptor are şi acest izolator umplut cu ulei pentru a evita degradarea tijei izolante de acţionare în timp.

La vechile tipuri produse înainte de 1967 izolatorul fiind fără ulei, există unele deosebiri constructive numai la sistemul de transmisie a mişcării şi la părţile metalice de la baza şi



Intreruptor în ulei puțin tip IUP-35;
1- indicator de ulei; 2- piston diferențial; 3- contact fix tulipă; 4- manșon de protecție; 5- camera de presiune; 6- cilindru izolant; 7- izolator de protecție; 8- camera de stingere; 9- contact glisant; 10- tija contactului mobil; 11- tijă izolantă.

Fig.12- 4

de la partea superioară a izolatorului suport. La partea superioară se află separatorul de ulei , iar sub el pistonul diferenţial 2.

Contactul fix tulipă 3 este protejat de maşonul de protecţie 4 care preia arcul şi poate permite ieşirea gazelor spre pistonul diferenţial. Contactul fix se află în camera de presiune 5. Camera de stingere 8 este formată din inele de pertinax cuprinse într-un cilindru izolant 6 (textolit, bachelită, masă epoxidică sau pertinax) care suportă presiunea gazelor , evitînd distrugerea izolatorului 7. La partea inferioară a camerii se află un contact glisant 9 legat de borna de intrare . Gazele pot ieşi pe la partea superioară , unde se află şi o supapă de siguranţă . Intreruptorul are şi elemente de încălzire a uleiului pentru a-i asigura funcţionarea la temperaturi joase.

Principiul de funcţionare al camerei acestui tip de întreruptor se bazează pe crearea unor suprapresiuni mari în camera, datorită formării pungii de gaze şi contactului intens permanent dintre arc şi particulele de ulei, care asigură convecţia (suflajul longitudinal - transversal). Presiunea crescută din cameră se produce datorită construcţiei camerei cu un spaţiu mic între gît şi contactul mobil , iar contactul permanent dintre arc şi ulei se realizează prin împărţirea camerei cu inelele de pertinax într-o serie de pungi cu ulei în calea contactului la declanşare. Stingerea arcului este ajutată de pistonul diferenţial.

Intreruptorul IUP -35 are următoarele caracteristici tehnice principale; puterea de rupere simetrică trifazică 2 x 1oo MVA şi pentru ciclul D-o,3 -I-D de numai 5oo MVA; curentul simetric de rupere 16,5 kA şi timpul de deschidere de o,15 s.

Scanned with OKEN Scanner

Întreruptorul cu ulei puţin tip IUP de 11o kV / 63o A . Intreruptoarele de înaltă tensiune cu ulei puţin pentru tensiunea nominală 11o kV şi frecvenţa 5o Hz sînt destinate pentru instalaţii exterioare. In fig.12-5 sînt date o secţiune într-un pol al întreruptorului , varianta cu puterea de rupere de 13oo MVA şi detalii la camera pentru puterea de rupere de 1ooo MVA . Sînt prevăzute cu dispozitiv de închidere cu aer comprimat şi deschidere prin resoarte.

Construcţia lor permite reanclanşarea automată rapidă, monofazată sau trifazată.

Intreruptoarele IUP 11o kV se execută cu faze separate, comenzile acestora putîndu-se efectua separat sau simultan la toate fazele sale.

Deschiderea manuală,mecanică, se poate face prin tije care leagă cele trei faze.

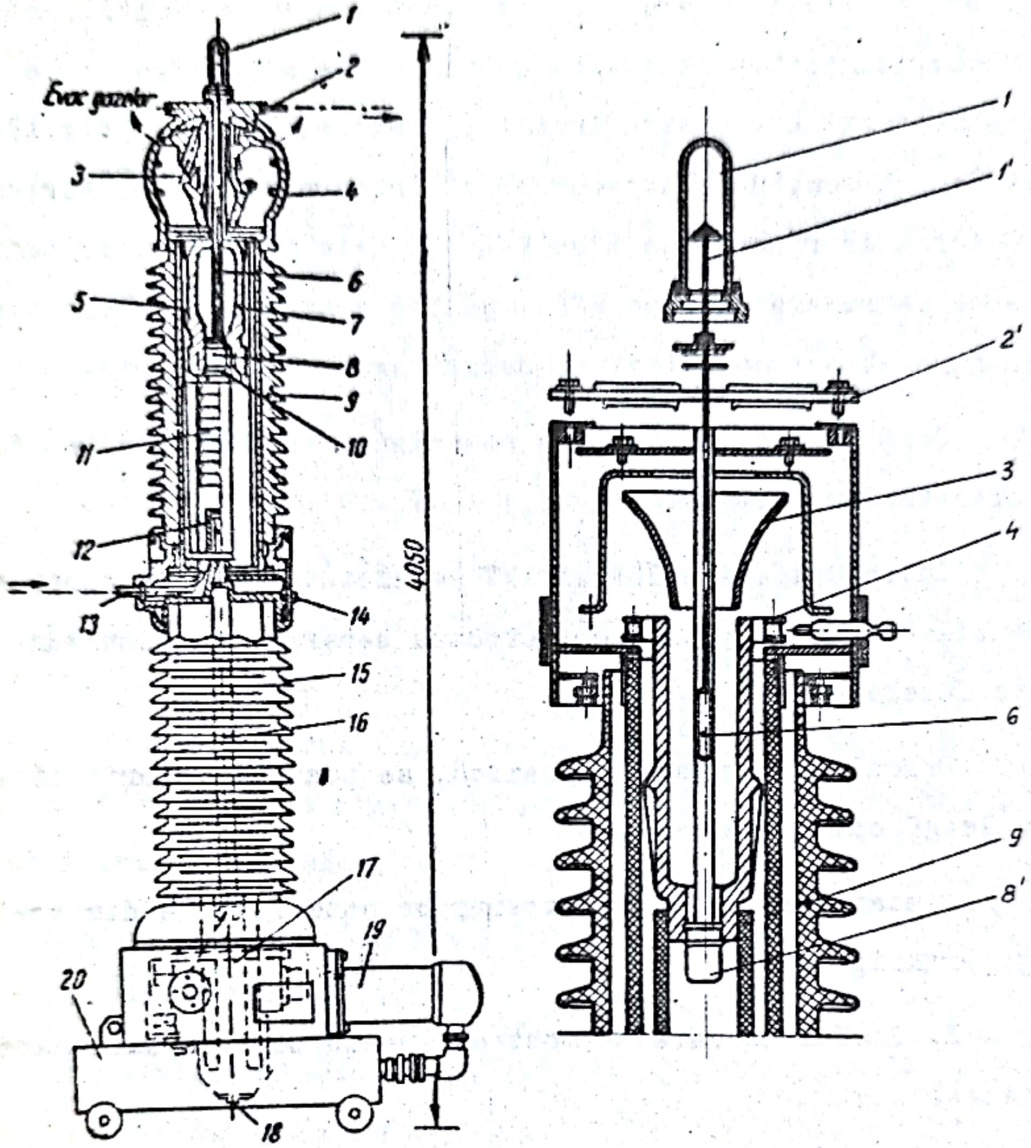
Fiecare fază a unui întreruptor este formată din trei părţi principale.:

I. Soclul pe care se montează mecanismul de acţionare al contactelor ;

II. Izolatorul inferior , plin cu ulei, folosit ca suport şi pentru izolare faţă de masă (soclu) , avînd în interior un tub de ghidaj prin care culisează tija de comandă a contactului mobil ;

III. Izolatorul superior care serveşte ca izolator de trecere şi are în interior camera de stingere cu suflaj transversal - axial prătejată de un cilindru de pertinax rezistent la presiunile ce apar în timpul arderii arcului .

Stingerea arcului se face prin suflaj longitudinal în ca-



Intreruptor în ulei puțin tip IUP 110:
a - varianta pentru 1300 MVA putere de rupere;
b - detalii constructive la varianta 1900 MVA; 1 - indicator de nivel al uleiului; 2 - bornă; 3 - eșapament; 4 - capotă; 5 - cilindru izolant; 6 - subansamblu, nivelă de ulei; 7 - suportul contactului fix; 8 - ansamblu contact tulipă; 9 - carcasă de porțelan; 10 - contact mobil; 11 - cameră de stingere (la 1300 MVA); 12 - ansamblu contact glisant - tulipă; 13 - bornă; 14 - buson de ulei; 15 - izolator suport tubular; 16 - tijă izolantă; 17 - mecanism cinematic; 18 - bușon de ulei; 19 - ansamblu - mecanism de acționare; 20 - soclu metalic pe cărucior; 1' - tija indicatorului de ulei; 2' - capac.

Fig.12- 5

mera de stingere a cărei volum de ulei este separat de volumul de ulei din izolatorul inferior , controlat prin indicatorul de ulei .

De asemenea , întreruptorul are orificii pentru evacuarea gazelor şi supapă de siguranţă situate la partea superioară.

Întreruptorul IUP 11o are multe asemănări cu tipul IUP-35, avînd deosebiri în mecanismul de acţionare , în faptul că numai IUP 35 are piston diferenţial şi în unele detalii constructive .

Funcţionarea se bazează la fel pe crearea unor supratensiuni mari în cameră datorită pungii gazoase şi a contactului mai apropiat cu uleiul reţinut de pungile cu ulei formate de spaţiile create prin suprapunerea discurilor izolate despărţite cu distanţoare.Suprapresiunea produce un intens suflaj longitudinal eficace, care asigură o răcire şi o deionizare intensă a gazelor, chiar la curenţi mici.

Caracteristicile tehnice principale ale întreruptorului IUP 11o sînt : puterea de rupere 1oo MVA, curentul de rupere 1o kA, durata deschiderii o,16 - o.25 s. Are comportare bună la deconectarea în gol a liniilor şi transformatoarelor.

Trecerea la fabricaţia unei serii noi de întreruptoare cu ulei puţin este justificată de următoarele considerente:

1. Întreruptoarele fabricate de Uzinele Electroputere nu formează o serie unitară , fiind construite pe principii complet distincte cu privire la stingerea arcului (IU-6 rupere dublă sub ulei, IU-35 - cameră deion , IUP -1o cameră cu suflaj transversal, IUP-11o - cameră cu suflaj transversal -axial), sînt neeconomice ;

2. Au performanţe slabe privind puterea de rupere, greutatea , gabaritul , tipurile IUP - 35 şi IUP - 11o.

3. Durata deschiderii prea mare ;

4. O comportare nu totdeauna satisfăcătoare la toate regimurile de funcţionare .

Performanţele mai bune ale seriei noi de întreruptoare tip ortojector se datorează vitezei mari de deschidere a contactelor , dispozitivului anticavitaţional , rezistenţei mecanice sporite a camerii de stingere . Noile tipuri pot deschide mai sigur curenţi mici inductivi (transformatoare,reactanţe), curenţi capacitivi (linii aeriene,linii de cablu etc), au o putere de rupere mai mare şi o uzură mai redusă la gol a contactelor.

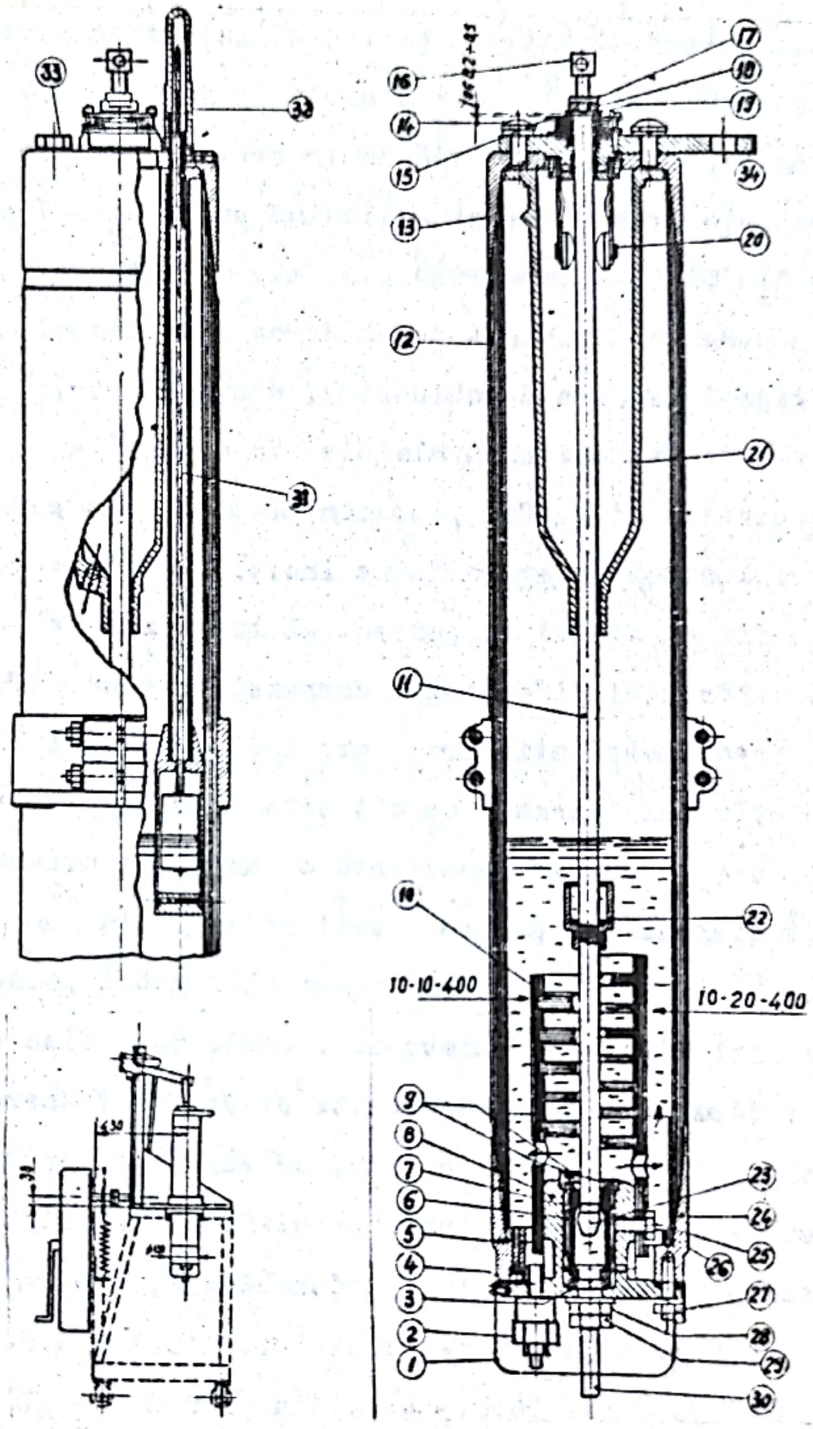
Intreruptoare de medie tensiune de tip ortojector (suflaj longitudinal).

Intreruptoarele de medie tensiune de tip IO cu ulei puţin sînt pentru instalaţii interioare : staţii de distribuţie şi de transformare.

Se fabrică în două serii : uşoară şi normală. Seria uşoară diferă de cea normală prin construcţie, parametrii şi preţ de cost , fiind mai ieftină deoarece nu foloseşte materiale electroizolante speciale.

La seria uşoară se construiesc tipurile IO-1o-4oo şi IO-2o - 4oo în varianta monobloc (fig.16-3) în care polii întreruptorului împreună cu mecanismul de acţionare sînt fixaţi pe un cărucior şi varianta în montaj fix (fără cărucior) . In fig. 12-6 se dă o vedere de ansamblu şi principalele elemente componente.

Aceste întreruptoare sînt de tipul cu ulei puţin cu cameră de stingere cu suflaj longitudinal. Fiecare cameră de stin-



Intreruptor cu ulei puțin tip 10-10-20 KV, 400 A:

1-capac inferior; 2-robinet de golire; 3-garnitură pentru borna de curent; 4,5-garnituri; 6-subansamblu resort; 7-subansamblu contact fix interior; 8-fund; 9-inel de protecție; 10-camera de stingere; 11-tija de contact mobilă; 12-cilindru izolant; 13-colier superior; 14-buton; 15-dispozitiv amortizor la închidere; 16-patrat de antrenare; 17-piuliță; 18-contrapiuliță; 19-rondelă; 20-subansamblu contact fix superior; 21-cameră de detentă; 22-amortizor de deschidere; 23-vîrf de contact mobil; 24-colier inferior; 25-șurub; 26-inel de strîngere; 27-șurub; 28-piuliță; 29-contrapiuliță; 30-bornă de curent inferioară; 31-nivel de ulei cu flotor; 32-nivelă de ulei; 33-bușon de umplere; 34-bornă de curent superioară.

Fig.12-6

gere este introdusă într-un cilindru izolant de pertinax ,folosind ansamblul pol al întreruptorului (fig .12-6,c) .O tijă de contact mobilă e acţionată de un braţ izolant solidar cu un ax comun celor trei faze şi acţionînd prin comandă de la un dispozitiv tip MR (cu resoarte) , se deplasează coaxial cu faza , realizîndu-se închiderea şi deschiderea . In timpul deplasării acelei tije în sus(la deschidere), arcul electric care se amorsează provoacă vaporizarea uleiului în camera de stingere ,măreşte presiunea şi astfel provoacă propriul său suflaj longitudinal.Arcul electric apare între inelele de protecţie ale contactului fix şi vîrful de contact al tijei mobile , fiind apoi alungit în dreptul diferitelor compartimente care fac pungi de ulei ce favorizează stingerea arcului . Suflajul longitudinal este cu atît mai intens , cu cît este curentul mai mare. Intreruptorul are la partea superioară o cameră de detentă care permite detenta gazelor produse, evitînd explozia cuvei şi uşurînd stingerea arcului. Tija contactului mobil posedă vîrful de contact sinterizat şi schimbabil . Contactele fixe sînt de tip deget, (formînd o tulipă)folosite şi pentru trecerea curentului de la tija mobilă la partea fixă, cu partea superioară sinterizată pentru a rezista acţiunii arcului.Are ca orice întreruptor amortizoare pentru închidere şi deschidere, precum şi buşoane pentru umplerea şi evacuarea uleiului. Tipul IO-1o-4oo are numai 2,4 kg ulei pe fază. Permit un ciclu D-o,3 s - ID la puterea de rupere nominală.Ca date tehnice principale are: puterea de rupere de 25o MVA la 1o kV, de 15o MVA la 6 kV(IO - 1o-4oo) şi de 125 MVA la 1o kV (IO - 2o - 4oo) , durata deschiderii o,o65 s şi curentul de rupere 14,5 kA.

Intreruptoarele seriei normale de medie tensiune tip IO sînt tot cu ulei puţin cu camera de stingere cu suflaj longitu-

dinal (fig.12-7) , dar fiecare cameră este introdusă într-un cilindru izolant 17 de steclotextolit (ţesătură de sticlă cu araldit) foarte rezistent la presiune şi contactele mobile la deschidere se deplasează de sus în jos . Se fabrică tipurile IO-15,-2o -63o; IO-15,- 2o- 125ó; şi IO - 15-25oo , pentru instalaţii interioare la 5o Hz.

Deplasarea contactului mobil 15 în jos aduce umele avantaje (fig.12-7,c) ;

1. Arcul electric este menţinut în bula de gaz cilindrică , pe toată lungimea sa, bulă care vine în contact cu ulei nou proaspăt , deoarece sensul de evacuare 23 al gazelor este contrar deplasării contactului mobil 15 ;

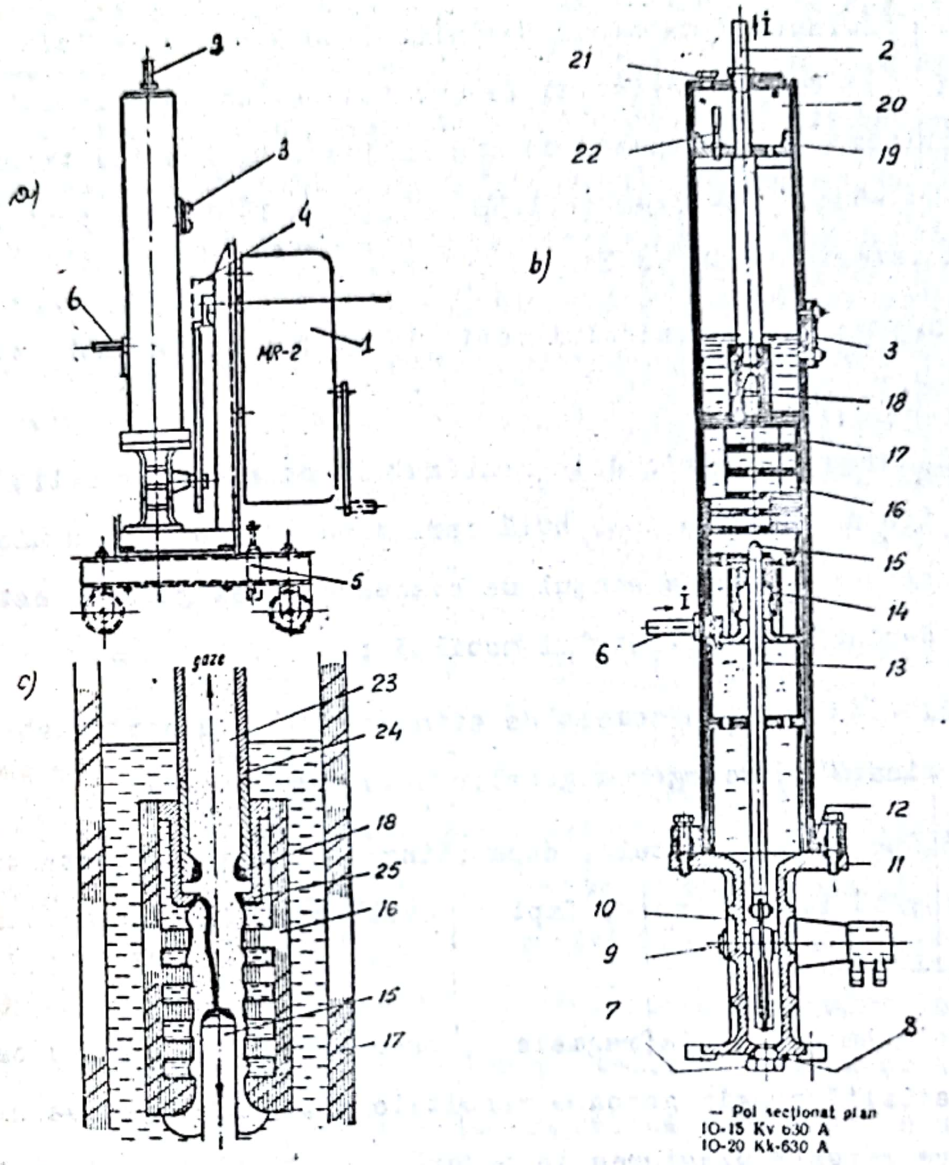
2. Presiunea în camera de stingere 16 este controlabilă şi determinată de scurgerea gazelor prin conducta 26;

3. La finele cursei , după stingerea arcului, contactul mobil se află în ulei rece, fapt ce evită probabilitatea unei reamorsări etc.

De asemenea , diafragmele (buzunarele , pungile) camerei 16 datorită pungii gazoase rezultate prin descompunerea uleiului care măreşte presiunea în cameră , captează uleiul şi-l menţin în contact intim cu arcul mărind eficienţa stingerii. Arcul poate pătrunde în diafragme unde este răcit activ de uleiul sub presiune , care realizează un puternic suflaj longitudinal . Carterul superior serveşte la separarea gazelor fierbinţi de ulei, după efectuarea unei deconectări.

Intreruptorul foloseşte contacte similare celor de la seria uşoară cu mici particularităţi constructive şi au, de asemenea, inele de protecţie din material refractar rezistent la acţiunea arcului.

Tipurile IO - 15 - 63o şi IO - 2o - 63o au elementele



Intreruptor de medie tensiune 10-15-20 KV-630; a- vedere generală; b)- pol sectionat plan; c- principiul stingerii arcului cu suflaj longitudinal; 1-meconism de acționare tip MR-2; 2-bară superioară; 3-nivelul uleiului; 4-ecran; 5-legătura de fundație; 6-bara inferioară; 7-buson de golire; 8-garnitura bușonului de golire; 9-ax; 10-bielă; 11-carter inferior; 12-garnitură; 13-tijo contactului mobil; 14-contact inferior; 15-Vîrf de contact; 16-cameră de stingere; 17-cilindru izolant; 18-contacte fixe superioare; 19-buson; 20-cameră de detentă; 21-buson de umplere; 22-supapa de securitate; 23-sens de evacuare pentru gaze; 24-conductă de scurgere a gazelor; 25-inel ecran.

Fig. 12-7

constructive aşa cum sînt prezentate în fig.12-7.

Pentru curenţii de 125o A întreruptorul are cîte un pol separator în paralel pe fiecare fază (fig.12-8) .

Polul întreruptor principal este similar polului între - ruptor pentru 63o A , fiind dimensionat însă corespunzător pentru curenţi la care este destinat să funcţioneze . Conform fig. 12-8 simbolic întreruptorul 1 este cuplat cu separatorul 2 , avînd bornele A şi B. Polul separatorului se deschide înaintea polului întreruptorului şi se închide după închiderea acestuia , pentru a evita manevrarea sub sarcină a separatorului care poate ţine la bornele sale întreaga tensiune deoarece în camera sa nu se produc fenomene de ionizare . Repartiţia curentului total i (fig.12-8,b)între polul întreruptorului şi polul separatorului,independent de dispoziţia barelor de alimentare şi a eventualelor variaţii ale rezistenţei de contact, este obţinută plasînd pe cele două circuite transformatoarele toroidale de curent 3 şi 4 (fig.12-8,a şi b) cu înfăşurările secundare conectate în

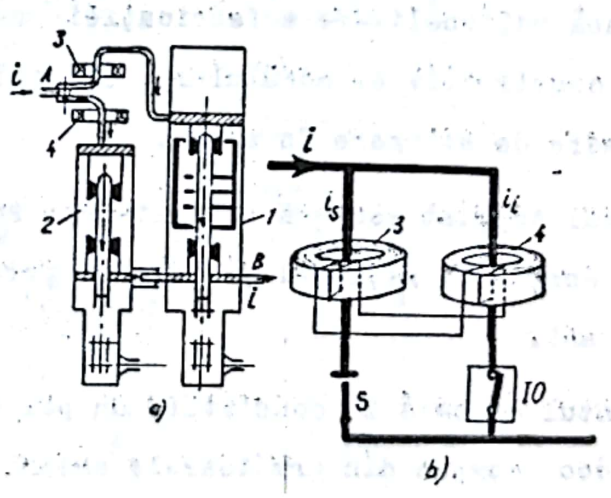


Fig.12-8

opoziţie. La o inegalitate a tensiunilor secundare, în înfăşurările secundare va apare un curent electric de circulaţie, care va modifica impedanţele celor două căi de curent.Construcţia are

avantajul că permite ca prin combinarea unui întreruptor de 1250 A cu un separator de acelaşi curent să se obţină un ansamblu util la 2500 A.

Permit un ciclu de forma D-0,3÷ID . Se acţionează cu dispozitive tip MR.

Iată cîteva din caracteristicile tehnice ale acestor aparate: puterea de rupere este de 500 MVA şi 250 MVA pentru IO - 15 folosit la 6 kV , durata deschiderii este de 0,07 s şi curentul de rupere maxim sub 30 kA .

Întreruptoare de înaltă tensiune ortojectoare de tip IO-110-1600 şi IO-220-1600 . Aceste întreruptoare sînt destinate pentru instalaţii exterioare şi pot funcţiona în cicluri de reanclanşare automată rapidă după ciclul D - θ_1 - I - D (θ_1 = 0,3 s) , sau în ciclul D - θ_1 - I - D - θ_2 - I - D (θ_2 = 60 s).

La tensiuni de cel puţin 110 kV ţara noastră a adoptat tot întreruptorul cu ulei puţin după licenţa Delle (firmă franceză) care foloseşte un grad înalt de tipizare a elementelor şi o judicioasă raţionalizare a fabricaţiei datorită aplicării principiului constructiv al modulului , conectîndu-se două sau mai multe camere de stingere în serie.

Sistemul adpptat acoperă necesităţile actuale ale sistemului nostru energetic naţional şi cele de perspectivă pentru următorii 10 ani.

Elementul de bază îl constituie un pol de întreruptor IO - 110 - 1600 compus din următoarele ansambluri principale (fig. 12-9): 1. ansamblul cărucior ; 2. ansamblul coloană, 3. ansamblul mecanism de acţionare şi 4. ansamblul camerelor de stingere (două camere de stingere grupate în V). Ansamblul general

are aspectul unui Y şi poate funcţiona şi la tensiuni pînă la 154 kV . Pentru 22o kV se înseriază 4 camere de stingere (două V-uri) şi coloana izolatoare se obţine prin suprapunerea a două izolatoare (fig.12-9,b). Analog se poate proceda şi pentru tensiunile 38o , 42o şi 525 kV, atingînd puterea de rupere de 25ooo MVA la 525 kV cu 8 camere înseriate pe pol (fază).

Performanţele ridicate ale acestei serii de întreruptoare se datoresc :

1. folosirii ruperii multiple cu avantajele cunoscute; 2. Vitezei mari de deschidere a contactelor prin acţionarea oleopneumatică; 3 . rezistenţei mecanice foarte mari a camerei de stingere executate din răşini sintetice armate cu fibre de sticlă ; 4. dispozitivului **anticavitaţional**, ataşat contactului fix.

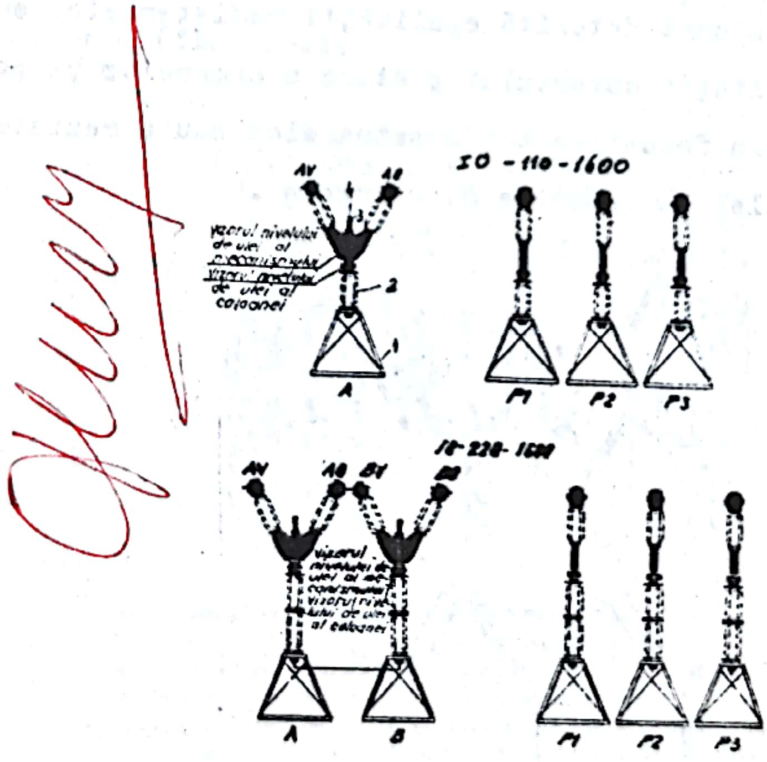


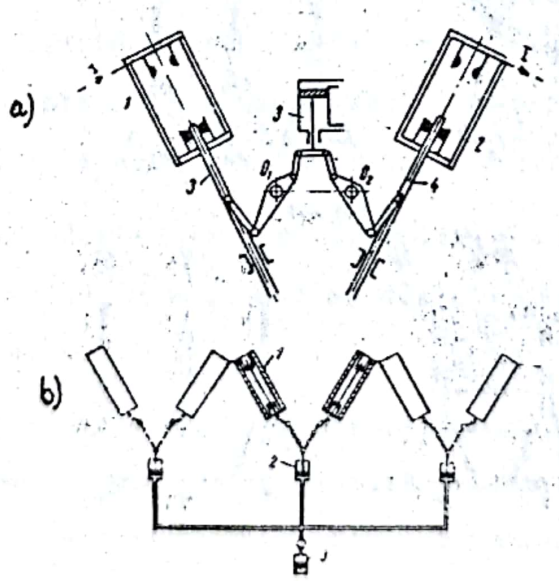
Fig.12-9

Eficienţa ruperii multiple se meţine dacă se asigură funcţionarea sincronă a camerelor de stingere. La nivelul ansamblu-

lui Y, cele două camere dispuse în V sînt sincronizate cuplînd mecanic tijele contactelor (fig.12-1o,a) . Astfel cele două camere 1 şi 2 sînt acţionate de un cilindru cu dublu efect 3 prin intermediul unor pîrghii care-l cuplează cu tijele 3 şi 4, avînd punctele de oscilaţie O_1 şi O_2 . Dacă ruperea este multiplă,rezultată din înscrierea mai multor V-uri (2 n camere) atunci sincronizarea se obţine prin comandarea cu aceeaşi presiune a dispozitivelor de acţionare 2 montate pe V-uri de la un singur mecanism oleopneumatic 3 (fig.12- 1o,b).

Sincronizarea hidraulică este destul de precisă. La 11o kV analog se face sincronizarea hidraulică a celor trei faze.

De asemenea, este necesar ca tensiunea oscilantă de restabilire să se repartizeze uniform pe camerele înseriate. Acest lucru este obţinut automat datorită egalităţii rezistenţelor echivalente a conductivităţii curentului postarc a camerelor şi poate fi îmbunătăţit prin folosirea condensatoarelor sau a rezistenţelor legate în paralel cu camerele de stingere .



Schemă de principiu pentru sincronizarea operaţiilor de comutaţie cu ajutorul unui dispozitiv de acţionare oleopneumatic: 1- cameră de stingere; 2- dispozitiv de acţionare hidraulic; 3- acumulator de energie.

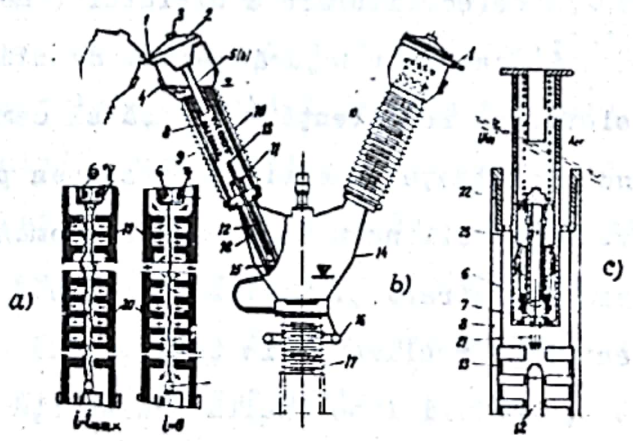
Fig.12-1o

Iată descrierea pe scurt a elementelor funcţionale ale unui ansamblu Y (fig.12 - 11).

Pe un cărucior(nefigurat) se află o coloană izolatoare 17 formată dintr-un izolator de 110 kV sau din două izolatoare suprapuse la 220 kV, umplută cu ulei de transformator , care este traversată de conductele izolante pentru transmisia hidraulică şi serveşte ca suport pentru un ansamblu V. Este prevăzut cu un **inel-ecran** 16, pentru uniformizarea tensiunii pe coloană şi pentru evitarea conturnării coloanei.

Coloana susţine la partea superioară carterul metalic 14 sub tensiune , care serveşte drept suport a două camere şi cuprinde mecanismul hidraulic de comandă.

Ansamblul camerelor montate în V conţin următoarele elemente de bază (fig.12-11,a):



Întreruptorul cu ulei puţin tip „Orthojecteur Rapide" (UR), (Delle):
a - întreruptor tip UR, cu rupere multiplă; b - dispozitiv anticavitaţie (secţiune); c - cameră de stingere pentru întreruptoare peste 220 (kV); 1 - bornă (priză de contact); 2 - receptacul pentru acumularea gazelor şi amortizare pneumatică; 3 - ajutaj calibrat; 4 - vizor de control al nivelului de ulei; 5 - dispozitiv anticavitaţie; 6 - contact fix tulipă; 7 - ecran de protecţie (metalo-ceramic); 8 - cameră de stingere (rupere); 9 - cilindru de rezistenţă mecanică, care exclude solicitarea la presiune a carcasei de porţelan; 10 - carcasă tubulară de porţelan; 11 - contact glisant tulipă; 12 - tija contactului mobil; 13 - vârf de contact metalo-ceramic; 14 - carter metalic; 15 - mecanism de acţionare; 16 - inel-ecran; 17 - izolator - suport tuburi; 18 - ghidajul tijei de contact; 19 - partea superioară a camerei care asigură ruperea curenţilor mari; 20 - partea inferioară pentru ruperea curenţilor mici; 21 - jet de ulei preaspăt; 22 - piston cu arc; 23 - ajutaj pentru suflaj axial.

Fig.12-11

1. Carterul superior de care sînt prinse piesele : bornele de de racord 1; buşonul de umplere al camerei de stingere şi al camerei izolante (spaţiul inelar dintre carcasa lo şi cilindrul 9) şi un orificiu pentru comunicarea camerei izolante cu atmosfera (nefigurat); un ajutaj calibrat 3 pentru eşaparea gazelor ; o supapă cu sens unic pentru introducerea uleiului de la separator înapoi spre camera de stingere şi o supapă de siguranţă (nefigurate) , un dispozitiv anticavitaţional 5(b) etc. Pe carter se fixează , cînd este necesar , suportul superior al condensatorului.

2. Camera de stingere compusă din: contactul fix superior (tulipa 6); ecranul de protecţie metalo-ceramic 7; camera de stingere 8 (fig.12-11, a) , divizată în mai multe compartimente prin discuri , împărţită în două zone specializate în ruperea curenţilor mari 19 şi a curenţilor mici 2o, prinsă pe portcontactul superior ; o supapă de echilibrare a uleiului (nefigurată) ; cilindrul izolant 9 care înconjură camera de stingere şi care constituie scheletul de rezistenţă mecanică al camerei de stingere , asigurînd rezistenţa camerei la presiunea produsă în timpul ruperii arcului. Acest cilindru asigură, de asemenea , şi izolaţia între bornele de intrare şi ieşire . Camera de stingere şi cilindrul izolant sînt realizate din ţesătură de sticlă impregnată cu araldit , material de înaltă rezistenţă mecanică şi electrică . La exterior camera este protejată de acţiunea agenţilor atmosferici de un izolator de porţelan lo, fixat prin strîngere cu garnituri de etanşeitate.

Tot la camera de stingere mai sînt ataşate piesele : un portcontact inferior care poartă contactul alunecător tulipă 11, un inel de ghidare al contactului mobil , robinetele pentru golirea camerelor de stingere şi o bornă de curent la care

se leagă bara care unește cele două piese portcontact de la baza camerelor montate în V . Pe acest portcontact se fixează suportul inferior al condensatorului cînd e cazul.

Iată cum funcționează dispozitivul de impuls anticavitație și camera de stingere propriu-zisă.

Dispozitivul anticavitație (12-11,b) ,destinat umplerii volumului lăsat liber de către tija de contact la începerea deschiderii,combinat cu ruperea multiplă,are destinația să asigure ruperea fără amorsare a liniilor în gol. Dispozitivul anticavitație (5) situat deasupra contactului fix (fig.12-11 ,b) este format în esență dintr-un cilindru în care se deplasează un piston 22 cu resort eliberat imediat la începerea cursei de deschidere . Portcontactul superior este acoperit de un capac cu care formează o cameră de detentă și care are la partea superioară un tub de evacuare a gazelor în atmosferă. In poziția "închis" tija contactului 12,cu vîrf metaloceramic 13, rezistent la acțiunea arcului, ține comprimat resortul pistonului 23. La deschiderea întreruptorului , resortul împinge pistonul 23 în jos , și astfel determină crearea unui jet de ulei în direcția deplasării tijei 12. Acest jet are ca efect răcirea intensă a arcului electric , stingerea lui și creșterea rapidă a tensiunii de ținere a camerii , făcînd astfel față deconectărilor sarcinilor capacitive. Deci dispozitivul anticavitație asigură inițial un impuls energic de ulei în zona separării contactului.

Camera de stingere este de construcție rigidă (fig.12-11, α) . Fiind compartimentată , reține ulei în compartimente după prima deconectare și permite un nou ciclu de închidere-deschidere. După separarea contactelor se formează punga gazoasă care împinge uleiul în compartimentele camerei , mărind presiunea la peste 100 at. La trecerea curentului prin zero,presiunea în zona

coloanei tinde să scadă şi atunci uleiul din compartimente se deplasează în sens contrar spre zona coloanei de arc deionizînd-o intens, astfel încît stingerea arcului poate avea loc după trecerea unei semiperioade .

La curenţi mari degajarea gazelor este intensă şi stingerea poate fi asigurată de partea superioară a camerei de stingere 19, iar la curenţi mici degajarea gazelor este slabă , arcul durează mai mult şi pentru stingerea lui trebuie să participe şi partea inferioară 2o a camerei . Camera asigură un suflaj energic longitudinal , avînd toate calităţile descrise şi la celelalte tipuri de întreruptoare IO. Şi la aceste aparate degetele tulipelor superioare au porţiuni cu material metaloceramic, precum şi un inel de protecţie tot metaloceramic pentru preluarea arcului , limitînd uzura contactelor.

Întreruptoarele de tip IO (ortojector) pot rezolva următoarele probleme cerute în exploatarea reţelelor : 1 . ruperea curenţilor inductivi cu supratensiuni relativ reduse; 2 ruperea curenţilor capacitivi fără reaprinderea arcului ; 3 . Creşterea puterii de rupere prin micşorarea duratei arderii arcului . etc.

Iată cîteva din caracteristicile tehnice : puterea de rupere este 6ooo MVA la 11o kV şi 12ooo MVA la 22o kV , curentul de rupere sub 3o kA şi durata de deschidere o,o5 s . Permite RAR mono şi trifazată.

12.3. Dispozitive de acţionare pentru întreruptoare cu ulei.

12.3.1. G e n e r a l i t ă ţ i

Mecanismele întreruptoarelor reprezintă elementele constructive cu ajutorul cărora , la închidere şi deschidere se realizează deplasarea contactelor mobile după o cale precisă şi

cu o anumită viteză. Mecanismele sînt acţionate de dispozitivele de acţionare.

D i s p o z i t i v u l d e a c ţ i o n a r e este un mecanism cu care se poate închide, menţine în stare închisă şi deschide un întreruptor, în mod voit sau automat. Obişnuit se face închiderea întreruptorului şi a resortului întreruptorului , care efectuează deschiderea.

Un dispozitiv de acţionare posedă următoarele elemente principale:

1. Mecanismul de anclanşare care dezvoltă energia necesară în timpul închiderii, pentru deplasarea părţilor mobile ale întreruptorului şi eventual pentru armarea resoartelor de deschidere ;

2. Mecanismul de blocare, care are rolul de a menţine întreruptorul în poziţia închis;

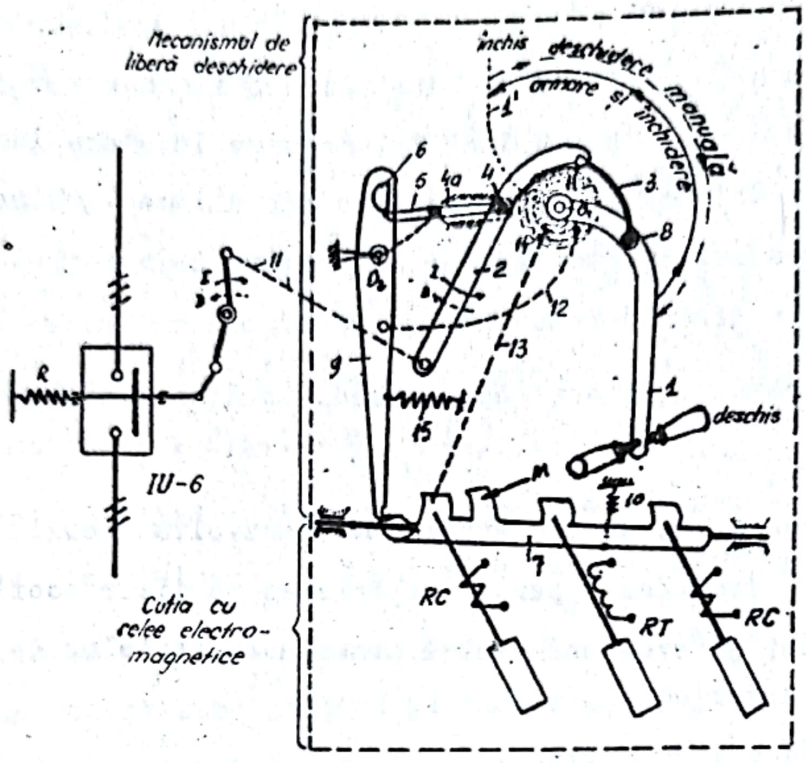
3. Mecanismul de decuplare, care separă întreruptorul de dispozitivul de acţionare şi permite resoartelor de pe întreruptor să facă deschiderea. Aproape la toate dispozitivele, acest mecanism este construit ca mecanism de decuplare liberă, adică să permită deschiderea întreruptorului în orice moment , chiar dacă în acest timp are loc închiderea.

Dispozitivele de acţionare pot fi : manuale, electrice, pneumatice şi hidraulice.

12.3.2 D i s p o z i t i v e d e a c ţ i o n a r e m a n u a l ă p e n t r u î n t r e r u p t o a r e tip DMI.

Se utilizează pentru întreruptoare de medie tensiune : DMI-1 pentru IU- 35 ; DMI-4 pentru IUM-6 şi DMI-5 pentru IUP-lo şi IUP -15. Foloseşte ca sursă de energie forţa muscu-

lară a operatorului.



Dispozitiv de acționare manuală tip DMI: 1- pîrghie de închidere; 2- pîrghie principală; 3- piesă; 4- ax culisant și centru provizoriu de rotație; 5- clichet; 6- semiax opritor; 7- placă; 8- ax de rotație; 9- clichet opritor; 10- resort; 11- disc de armare; 12- tijă; 13- levier declanșator (manual), 14- legătură rigidă; 15- resort de declanșare; R- resortul de deschidere de pe întreruptor; M- tijă de acționare manuală; RC- relee de curent; RT- releu de tensiune.

Fig.12-12

In fig.12-12 este dată schema principială a dispozitivului de acționare DMI în poziția pregătit pentru închidere .Închiderea întreruptorului IU și armarea resortului său de deschidere R se obține prin rotirea de către operator a pîrghiei de închidere 1 în sensul săgeții pline pînă, ocupă poziția 1' . Se observă cum maneta 1 antrenează piesa 3 și aceasta pîrghia principală 2 prinsă cu tija de acționare 11 (linie întreruptă) , care face legătura cu mecanismul de acționare al întreruptorului IU, în sensul închiderii și armării lui. . Blocarea în poziția "închis" are loc cînd axul depășește linia centrelor de rotație ab. Trebuie de observat că punctul de rotație 4

este provizoriu şi se poate deplasa în canalul trasat cu linie întreruptă pînă în poziţia 4 a, dar este menţinut fix de clichetul 5 reţinut sub semiaxul 6.

Deschiderea întreruptorului se realizează prin eliberarea clichetului 5 de sub semiaxul 6, obţinută prin acţionarea resortului 15, care se poate produce cînd basculează placa 7. In acest caz resortul de pe întreruptor R se deschide şi deplasează tot sistemul de pîrghii în sensul săgeţilor cu linie întreruptă ,lucru posibil deoarece axul culisant 4 se deplasează în poziţia 4.a.

Deschiderea întreruptorului (deblocarea) - adică basculareа plăcii 7 - se poate obţine prin următoarele căi: 1) prin apăsarea butonului M de pe aparat; 2) prin rotirea manetei din poziţia 1' în 1 (săgeata cu linie întreruptă) ; 3) de la distanţă prin electromagnetul de tensiune RT,care poate îndeplini funcţia de releu de tensiune nulă(RN) , cînd întreruptorul deserveşte un motor sau releu declangator (RD) cînd este folosit în reţele; 4) prin releele maximale de curent RC prevăzute cu trepte de reglaj pentru curent(pot fi şi temporizate) .Releele electromagnetice permit realizarea multor scheme de protecţie. Cînd maneta 1 rămîne în partea superioară (1') pentru închidere trebuie mai întîi coborîtă în poziţia 1 şi apoi ridicată în poziţia 1' , Readucerea manetei din poziţia 1' în 1 repune dispozitivul de acţionare în poziţia pregătit pentru închidere. Rotirea manetei produce rotirea discului 11, solidar cu ea, abătînd prin intermediul tijei 12 capătul pîrghiei 9 dincolo de placa de declangare 7, care permite clichetului 5 să cadă sub semiaxul 6. Dacă întreruptorul era închis atunci prin rotirea manetei se obţine mai întîi deschiderea , deoarece discul 11 trage pîrghia 13 (legată de el prin fricţiune în punctul 14),care roteşte placa

7 eliberînd pîrghia cu semiaxul 6 şi are loc întreruperea ca şi în celelalte cazuri (resortul 15 trage pîrghia 9 , se eliberează clichetul 5 de sub semiaxul 6 , centrul fix provizoriu se deblochează şi resortul R deschide întreruptorul).

Indicarea poziţiei "închis" sau " deschis " se face cu un indicator mecanic montat în partea dreaptă a carcasei, iar semnalizările şi blocajele pe cale electrică se fac prin intermediul unui comutator de semnalizare (CSA) aşezat în partea stîngă şi antrenat cu o pîrghie de către dispozitiv.

Ca avantaje citäm : 1) întreţinere uşoară ; 2) nu necesită sursă de energie specială: 3) permite realizarea unor scheme de protecţie etc.

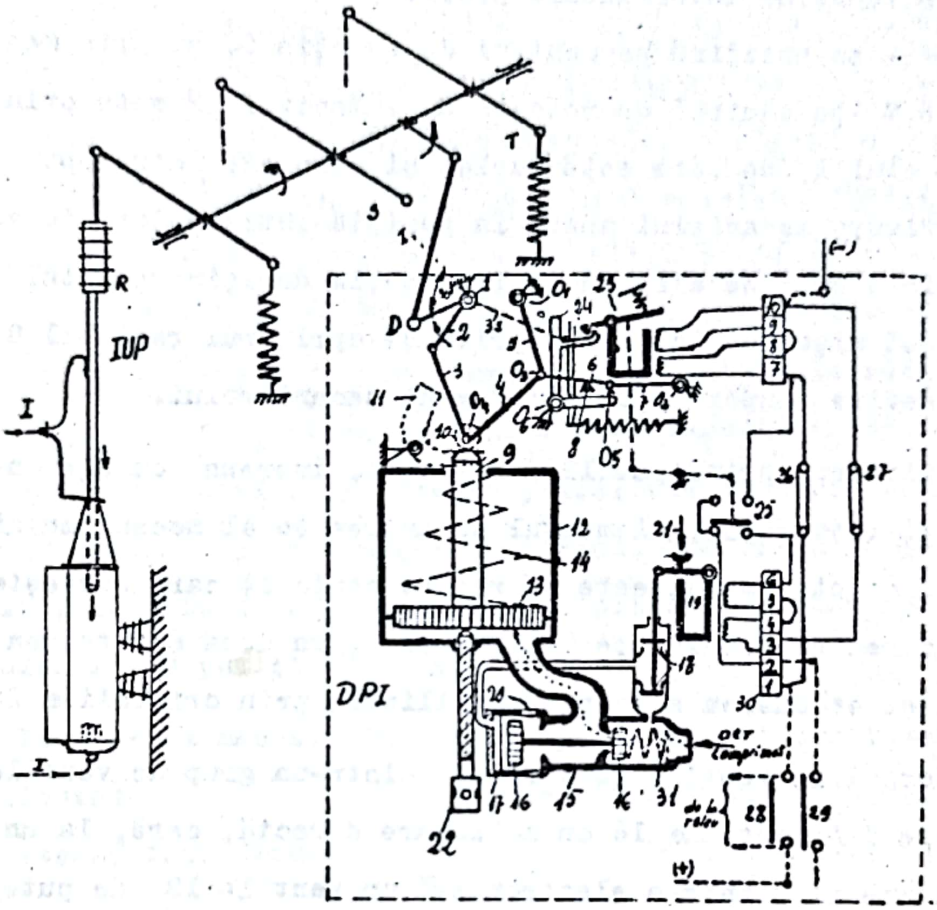
Dintre dezavantaje amintim : 1) nu poate fi comandată închiderea de la distanţă ; 2) dificultăţi la prinderea clichetului sub semiax şi uzura lor rapidă; 3) nu poate realiza închiderea bruscă , neputînd să fie folosit peste 15 kV etc.

Temporizarea releelor de curent şi funcţionarea releului de tensiune ca releu de tensiune minimă se face cu dispozitive speciale ataşate la cerere.

12.3.3. D i s p o z i t i v e p n e u m a t i c e d e a c ţ i o n a r e a î n t r e r u p t o a r e l o r d e i n t e r i o r ş i e x t e r i o r , t i p D P I ş i D P E .

Dispozitivele tip DPI şi DPE sînt destinate pentru acţionarea întreruptoarelor de 6÷ 35 kV . Lucrul mecanic necesar închiderii şi armării resoartelor pentru deschidere este obţinut cu ajutorul aerului comprimat . Deschiderea se realizează prin declichetarea mecanismului de liberă deschidere . Dispozitivul asigură astfel un blocaj mecanic contra pompajului. Pot realiza

un ciclu RAR după ciclul D-o,3 - I-D adică deschidere -pauză o,3 s - închidere.



Dispozitivul DPI cuplat cu un întreruptor IUP (schemă principială). 1- axul motor al dispozitivului; 2- manivelă; 3,4,5 - tije intermediare; 6,7- manivelă,8-opritor reglabil; 9- percutor(tija pistonului); 10- rolă; 11- opritor; 12- cilindru principal; 13- piston; 14- resort conic; 15- corpul ventilului principal; 16- ventile principale; 17- membrană; 18- ventile de comandă; 19- electromagnet de închidere; 20- orificii de evacuare a aerului; 21- buton pentru închidere manuală; 22- șurub pentru închiderea manuală; 23- electromagnet de deschidere; 24- percutor intermediar; 25- contacte de blocare contra pompajului; 26- contact de blocare a bobinei de deschidere; 27- contact de blocare a bobinei de închidere; 28- buton de deschidere; 29- buton de închidere; 30- cleme de șir; 31- resort pentru readucerea ventilelor principale în poziția inițială; 32- camă pentru reurmarea electromagnetului de deschidere și a resortului percutorului simultan cu deschiderea întreruptorului.

Fig.12-13

Dispozitivul tip DPI este constituit din următoarele ansambluri principale: 1. mecanismul de liberă deschidere ; 2.cilindrul principal; 3. corpul de ventile.

Mecanismul de liberă deschidere cuprinde manivela 2 care cu tijele identice intermediare 3,4,5, formează un mecanism patrulater ce se sprijină pe centrul de rotaţie O_1 şi prin manivelele 6,7 pe centrul de rotaţie O_2 . Manivela 2 este prinsă rigid de axul 1 de care este cuplat şi arborele întreruptorului. In figură mecanismul apare în poziţia întreruptor, "deschis" Manivelele 6 şi 7 se află în poziţia puţin depăşind punctul mort , însă mişcarea lor este oprită de opritorul reglabil 8 şi axul O_3 devine temporar centrul fix al mecanismului.

Cilindrul principal 12 constituie, împreună cu pistonul lui 13 şi tija sa 9 , elementul de antrenare al mecanismului. Deasupra pistonului este un resort conic 14 care serveşte la readucerea pistonului pe poziţia de lucru după efectuarea închiderii şi evacuarea aerului din cilindru prin orificiile 2o.

Corpul de ventile este format dintr-un grup de ventile principale diferenţiale 16 cu acţionare directă, care, la un impuls transmis printr-o electrovalvă cu ventile 18 de putere mică, alimentează cilindrul principal.

Inchiderea pneumatică . Prin alimentarea electromagnetului 19 sau prin apăsarea butonului 21 grupul de ventile 18 se deplasează astfel încît aerul comprimat trece pe suprafaţa 17 a membranei. Prin aceasta grupul de ventile diferenţiale 16 se poate deplasa spre dreapta, deoarece cele două suprafeţe sînt inegale şi deci forţele ce acţionează vor fi inegale deşi este aceeaşi presiune, pe pistonul cu suprafaţa mai mare (stînga) fiind o forţă mai mare . Prin deplasare , ventilul din stînga închide comunicarea cu atmosfera prin orificiul 2o , dînd acces aerului pe faţa inferioară a pistonului 13 (săgeata punctată) care mai departe acţionează mecanismul de liberă deschidere.

Percutorul 9 apasă rola 1o, care se află pe axul O_4 ;

atunci veriga 4 rotindu-se în jurul centrului O_3 , cu ajutorul verigii 3, roteşte manivela 2 , iar aceasta roteşte arborele principal 1 al dispozitivului cu 90° în sensul acelor ceasornicului , efectuînd închiderea întreruptorului (săgeţile pline). Concomitent , la ridicarea rolei lo , axul acesteia îndepărtează opritorul 11 spre stînga,iar la sfîrşitul închiderii opritorul alunecă sub acest ax, datorită unui resort , realizînd blocarea în poziţia "închis " . In acest moment contactele auxiliare întrerup circuitul de alimentare al electromagnetului de închidere şi acesta revine în starea iniţială.După suspendarea impulsului aplicat electromagnetului ventilele revin în poziţia iniţială , admisia de aer încetează şi pistonul revine datorită resortului 14 în poziţia iniţială.

Inchiderea manuală,în cazul lipsei aerului comprimat,se poate efectua prin rotirea şurubului 22 pînă se realizează închiderea.

Deschiderea . Se poate realiza manual apăsînd cu un sistem de pîrghii armătura electromagnetului de deschidere 23 sau de la distanţă (eventual automat) prin alimentarea bobinei electromagnetului care provoacă declichetarea (deblocarea) mecanismului de liberă deschidere. Atragerea armăturii electromagnetului duce la declichetarea percutorului intermediar 24 ,articulat în centrul fix O_6, care acţionează asupra pîrghiilor 6 şi 7 în punctul lor de legătură O_5 . Se declichetează rola lo prin trecerea centrului O_5 deasupra liniei centrelor $O_3 - O_2$ (pîrghiile se frîng,adică ies din punctul mort) . Rola lo alunecă pe opritorul 11 , deoarece centrul fix O_3 este liber şi tras spre dreapta datorită frîngerii, iar întreruptorul declanşează sub acţiunea resoartelor sale şi întregul sistem devine pregătit pentru o nouă închidere . Percutorul şi electromag-

netul de deschidere se rearmează prin cama 32.

Mecanismul de liberă deschidere permite deschiderea chiar cînd are loc procesul de închidere, dacă intervine sistemul de protecţie sau o altă cauză.

Schema electrică permite să se evite pompajul prin comutarea circuitului de închidere pe circuitul de deschidere datorită contactelor 25 , în cazul unei declanşări în timp ce aparatul menţine încă comanda de închidere.

Dispozitivele DPI şi DPE sînt cele mai rentabile, ocupă spaţiu redus, sînt relativ simple şi sigure , au viteză mare la închidere , fără şocuri puternice, produc zgomot redus , permit cicluri RAR ,permit comanda local şi de la distanţă,voit sau a automat. Ca neajuns principal îl constituie necesitatea întreţinerii unei surse permanente de aer comprimat, uscat şi curat.

12.3.4. D i s p o z i t i v e s o l e n o i d a l e de a c ţ i o n a r e tip DSI şi DSE .

Dispozitivele solenoidale tip DSI şi DSE sînt destinate pentru acţionarea întreruptoarelor de înaltă tensiune de 6÷35 kV. Se construiesc pentru interior (DSI) şi pentru exterior (DSE). Au următoarele ansambluri: mecanismul de liberă deschidere , sistemul magnetic şi sistemul amortizor.

Inchiderea se face printr-un mecanism de liberă deschidere identic ca la DPI , acţionat de un electromagnet solenoidal puternic de curent continuu care înlocuieşte sistemul pneumatic .

Deschiderea se poate face analog,la comanda aparatului sau a releelor de protecţie , prin intermediul unui electromagnet solenoidal mic de curent continuu care acţionează direct asupra centrului O_5 (fig.12 - 13) , înlocuind percutorul 24

şi electromagnetul tip clapetă 23. Deschiderea se poate face şi mecanic printr-un buton .Pentru amortizarea şocului are un amortizor special.

Se folosesc rar , DSI pentru acţionarea întreruptoarelor IUP-lo şi IUP - 15 , iar DSE pentru tipul IU-35 (de exterior) , deoarece necesită baterii de acumulatoare mari.

Întruneşte calităţile: simplitate în construcţie şi exploatare; siguranţă mare în funcţionare ; caracteristică mecanică de acţionare corespunzătoare caracteristici rezistente ale întreruptoarelor (forţa de atracţie creşte pe măsură ce întrefierul scade). etc.

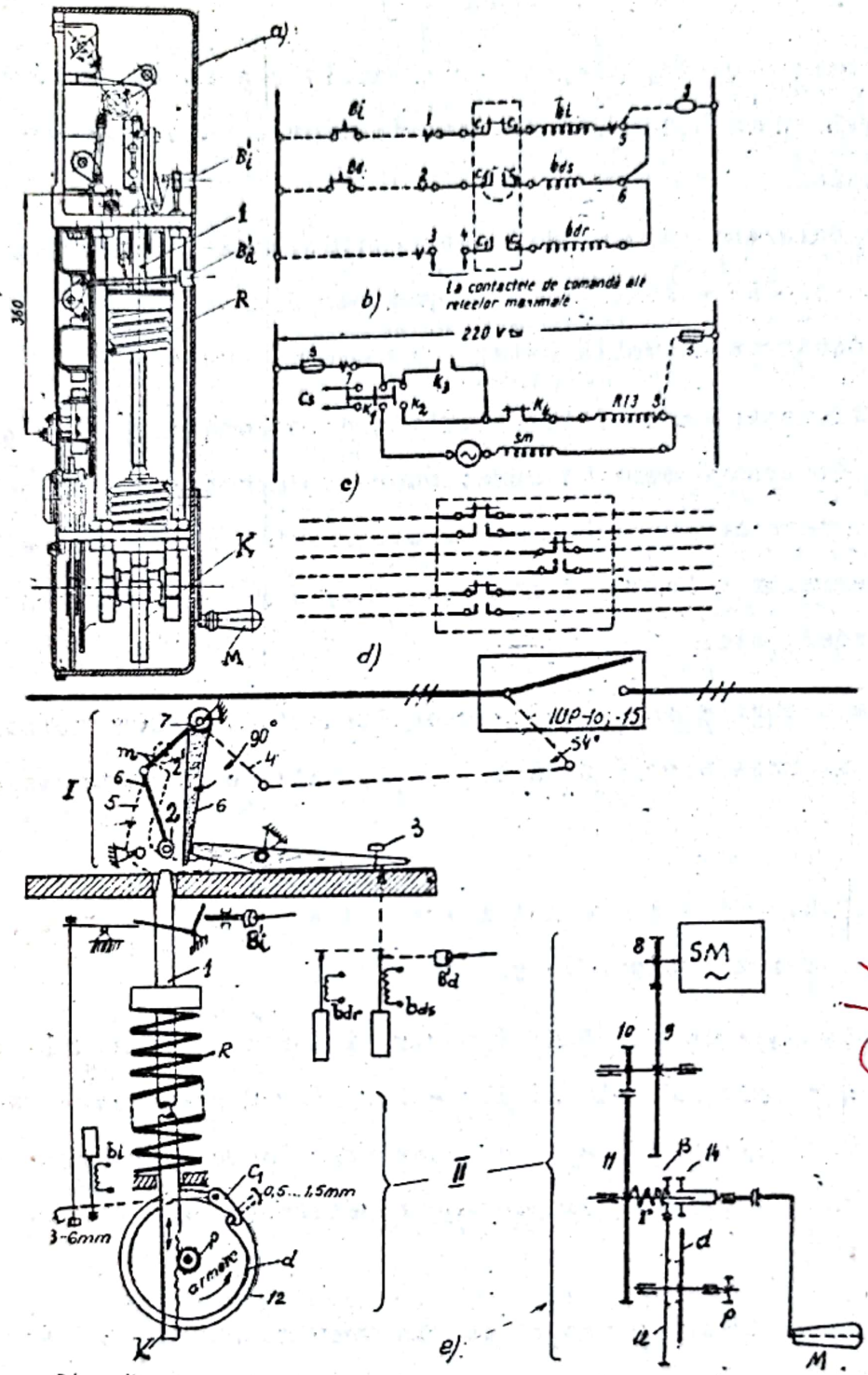
Neajunsurile mari ale acestor dispozitive sînt: durată de închidere prea mare (pînă la 1 s), baterie de alimentare mare .

12.3.5. D i s p o z i t i v e d e a c ţ i o n a r e c u r e s o r t, tip DRI şi DRE .

Dispozitivele tip DRI (pentru interior) sînt utilizate la întreruptoarele IUP -lo şi IUP - 15 , iar dispozitivul DRE (de exterior) este folosit la acţionarea întreruptorului IU-35. Pot funcţiona în cicluri simple sau repetate (RAR) de tipul D-I - t - D .

Dispozitivele cu resort conţin trei ansambluri : mecanismul de liberă deschidere ; mecanismul de comprimare a resortului ; mecanismul reductor care cuprinde şi electromagneţii de comandă.

Elementele principale , schema electrică şi o schemă de principiu sînt date în fig.12- 14.



Dispozitive cu resoarte: a - sectiune prin dispozitivul DR1; b - schema electromagnetilor de comandă; c - schema sistemului de armare; e - circuite auxiliare; Bi - buton de închidere; Bd - buton de deschidere; bi - bobină de închidere; bds - bobină de deschidere simplă; bdr - bobină de deschidere repetată; K_1 - contact pentru pornirea servomotorului SM, al releului intermediar R13; K_2 - contact de autoreținere pentru R13; K_3 - contact ce dă impulsul de pornire pentru SM; K_4 - contact de oprire al SM; d - disc; K - cremalieră; M - manivelă; r - resort; 6 - bielă; m - manivelă; 1 - percutor acționat de R; 2 - rolă; 3 - manivelă de cuplare; 4 - șurub de reglaj; 5 - clichetul de culisă; 6 - clichetul de zăvorîre; 7 - ax; 8-14 - roți dințate. e - schemă de principiu: I - mecanism de liberă deschidere; II - mecanism pentru armarea resortului R și mecanismul reductor.

Fig.12-14

Comprimarea resortului acumulator de energie (R) .Este operaţia premergătoare închiderii. Se poate executa pe două căi:

1. Manual, prin rotirea manivelei M, după ce în prealabil această manivelă este împinsă pînă la refuz şi menţinută apăsată astfel în tot cursul rotirii.După clichetarea resortului(semnalată de zgomotul clichetului de zăvorîre) se mai execută 1/2÷1 ture.-

2. Automat,cu ajutorul servomotorului cuplat la roata dinţată prin reductorul cu roţi dinţate . Servomotorul SM (fig.13-14,b) este alimentat automat prin contactul K_3 al unui microîntrerupător , închis automat odată cu dezăvorîrea resortului principal R şi se întrerupe după armarea acestuia (K_4) .

Inchiderea . Apăsînd butonul B_i', printr-un sistem de tije se ridică clichetul şi discul solidar cu sistemul pinion-cremalieră d se eliberează. Resortul R se destinde împingînd cu percutorul 1 rola mecanismului de liberă deschidere , solidară cu mecanismul bielă- manivelă , care roteşte axul principal 7 cuplat cu mecanismul întreruptorului pînă ce intervine clichetul de zăvorîre. Simultan cu închiderea se produce şi armarea resoartelor pentru deschidere .Blocarea se obţine deoarece piesa împinsă de resortul său rămîne sprijinită în sistemul de pîrghii pentru declanşare. Inchiderea se poate realiza şi de la distanţă prin apăsarea butonului Bi care alimentează bobina bi a electromagnetului , obţinîndu-se la fel declichetarea clichetului şi deci şi a resortului, ca şi manual.

Deschiderea. Se apasă butonul B_d' sau se alimentează electromagnetul de deschidere. In ambele cazuri se obţine printr-un sistem de tije bascularea pîrghiei care ţine blocat clichetul, rola alunecă , împinge clichetul şi resoartele întreruptorului îl

deschid . Electromagnetul scoate simultan printr-un sistem de pîrghii sistemul RAR . Acest electromagnet primeşte un impuls prelungit datorită unui comutator special.

Dispozitivele cu resort au unele avantaje deosebite: nu necesită surse speciale de energie (aer comprimat , baterie de acumulatoare) , permit RAR fără relee speciale , simplitate constructivă.

In exploatare însă aceste dispozitive cer o întreţinere mai îngrijită şi controlarea stării resoartelor.

12.3.6. D i s p o z i t i v d e a c ţ i o n a r e p n e u m a t i c p e n t r u IUP-35

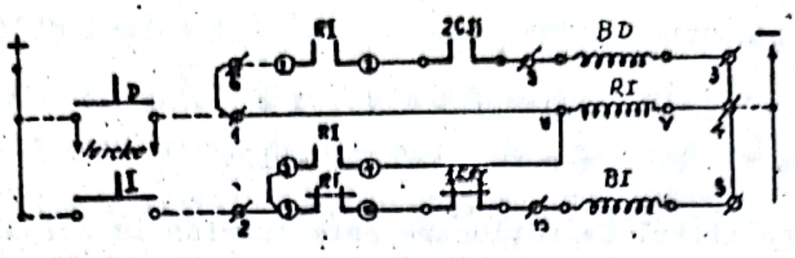
Acest dispozitiv se află montat în suportul întreruptorului şi acţionează simultan printr-un ax comun toate fazele.Dispozitivul este alimentat prin doi recipienţi cu aer comprimat (unul în exterior şi altul în interior) cu ventil de sens unic de alimentare care permit să se realizeze un ciclu D-I-D în lipsa aerului comprimat , în staţia de alimentare (fig.12-15)

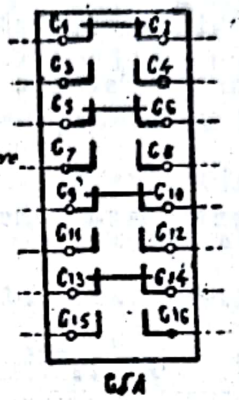
Inchiderea . Se apasă butonul de închidere I, bobina electrovalvei de închidere BI primeşte tensiune şi electromagnetul deschide circuitul auxiliar 1, care aduce aerul în spatele ventilului mare al grupului de ventile diferenţiale VI. Grupul VI lucrează şi deschide circuitul principal de aer comprimat spre pistonul din cilindrul principal t, efectuîndu-se închiderea întreruptorului.

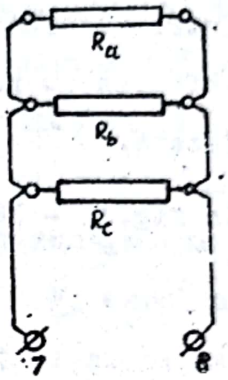
Deschiderea . Se produce analog, dar operatorul dă impuls bobinei de deschidere BD apăsînd butonul D.

Releul intermediar RI este prevăzut pentru a evita pompajul întreruptorului , deoarece la cuplarea pe un scurtcircuit releele de protecţie acţionează şi deschid întreruptorul, dînd

impuls bobinei releului RI. Dacă operatorul menţine comanda

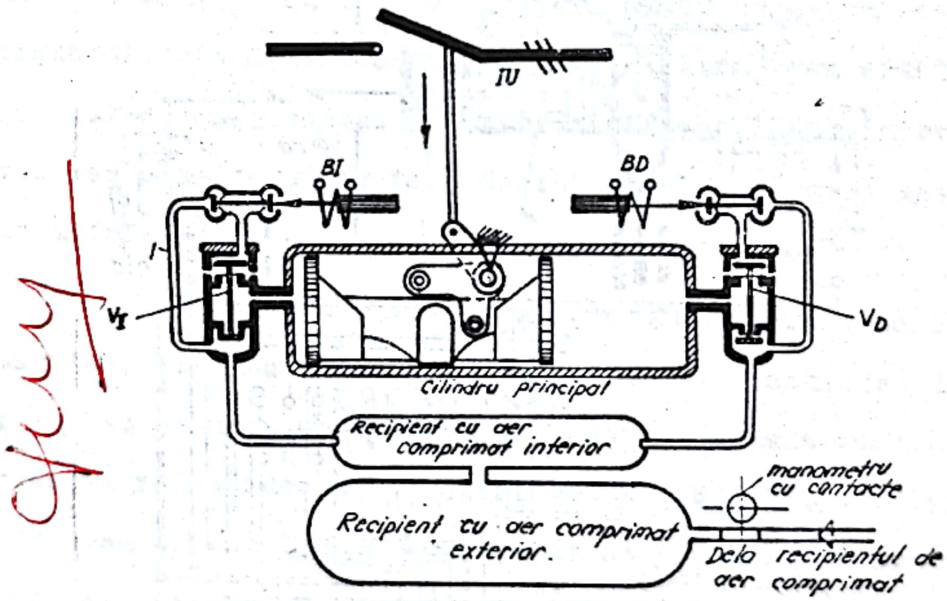






LEGENDĂ:
1-RI-Releu intermediar;
2-BD-Bobină de deschidere;
4-CSi-Contact auxiliar cu întîrziere la deschidere
3-BI-Bobină de închidere;
5-Ø-Clemă de şir;
6-D-Buton de deschidere;
7-I-Buton de închidere;
8-CSA-Comutator auxiliar (8 circuite)
9-Ra,b,c-Rezistenţă de încălzire

NOTĂ:
Se recomandă ca între clema 4" şi (-) să se înserieze contactele de blocaj la p.max. şi p.min. ale manometrului livrat o dată cu întreruptorul.



Schema electrică şi pneumatică a întreruptorului IUP-35

Fig.12-15

de închidere, aceasta nu se poate repeta deoarece contactele releului RI ţin deschis circuitul bobinei BI cît operatorul menţine apăsat butonul I. Rezistenţele R_a, R_b, R_c sînt destinate

încălzirii uleiului pentru a permite funcţionarea întreruptorului şi la temperaturi scăzute.

12.3.7. D i s p o z i t i v d e a c ţ i o n a r e p n e u m a t i c p e n t r u IUP - 110

Dispozitivul de acţionare este cuprins în corpul fiecărui pol al întreruptorului şi efectuează închiderea cu aer comprimat, iar deschiderea cu resort . Permite reanclanşarea rapidă mono sau trifazată.

In fig.12 - 16 este dată schema electrică şi pneumatică

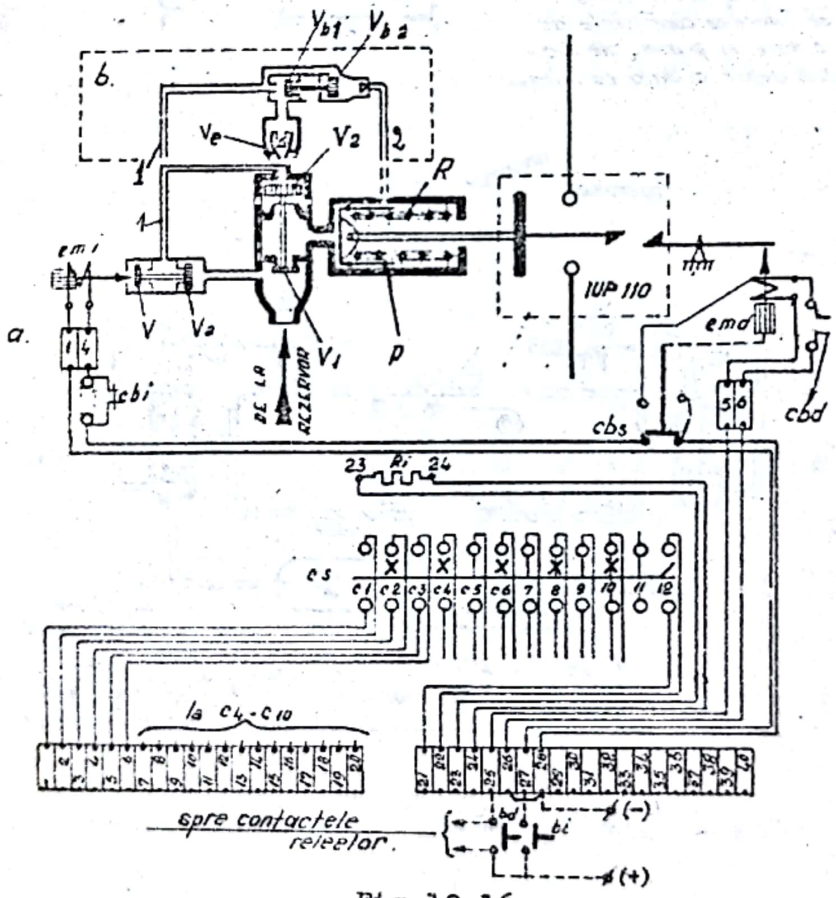


Fig.12-16

a dispozitivului de acţionare. Se observă că are o construcţie principială foarte apropiată de a dispozitivului pentru IUP-35 cu deosebirea că deschiderea se face prin resort.

încălzirii uleiului pentru a permite funcţionarea întreruptorului şi la temperaturi scăzute.

12.3.7. D i s p o z i t i v d e a c ţ i o n a r e p n e u m a t i c p e n t r u IUP - 11o

Dispozitivul de acţionare este cuprins în corpul fiecărui pol al întreruptorului şi efectuează închiderea cu aer comprimat, iar deschiderea cu resort . Permite reanclanşarea rapidă mono sau trifazată.

In fig.12 - 16 este dată schema electrică şi pneumatică

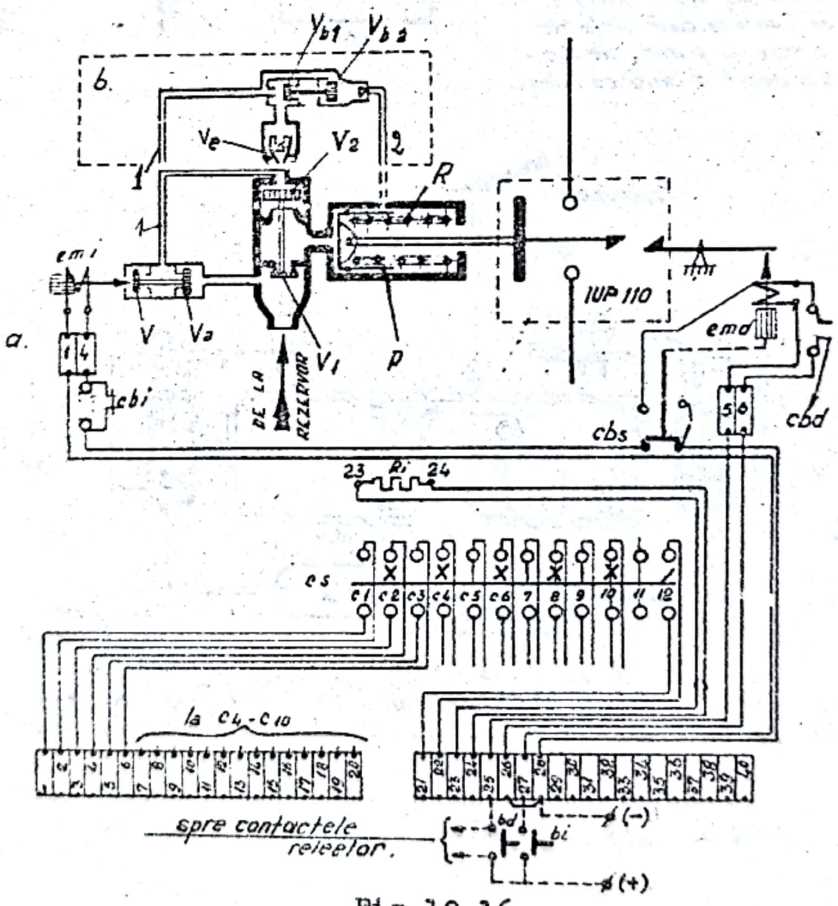


Fig.12-16

a dispozitivului de acţionare. Se observă că are o construcţie principială foarte apropiată de a dispozitivului pentru IUP-35 cu deosebirea că deschiderea se face prin resort.

Inchiderea . Prin apăsarea armăturii electromagnetului (cu o tijă izolantă) emi sau prin alimentarea bobinei acestuia (clemele 27 - 28) prin apăsarea butonului bi, ventilul V_a se deschide şi aerul de la rezervor , trecînd prin conducta auxiliară 1 apasă ventilul V_2 care avînd secţiunea mai mare ca V_1 îl deschide pe acesta (lucrează diferenţial). Astfel aerul din rezervor, întră în corpul de cilindru al pistonului P, deplasîndu-l spre dreapta : întreruptorul se închide şi simultan se armează resortul R pentru deschidere. Cînd procesul închiderii s-a încheiat contactul cbi se deschide , electromagnetul emi revine în starea iniţială şi odată cu el, ventilul V_a care suprimă admisia aerului spre piston . Simultan se obţine şi blocarea.

Deschiderea . Se apasă armătura electromagnetului de deschidere emd. (cu o tijă izolantă) sau se alimentează electromagnetul prin apăsarea butonului bd . Atragerea armăturii provoacă deblocarea resortului R care realizează deschiderea . Contactul cbd permite să se facă deschiderea numai dacă s-a realizat închiderea.

Contactul cbs constituie un blocaj electric contra săriturilor. El comută comanda închiderii pe deschidere dacă aparatul a cuplat pe un scurtcircuit şi menţine comanda deschiderii pentru a evita reînchiderea (săriturile sau pompajul) . Tipurile vechi efectuau blocajul pe cale pneumatică (fig.12-16 ,b) . In acest caz se folosea un corp de ventile de blocare V_{b1} - V_{b2}, un ventil de evacuare a aerului V_e şi se şunta contactul cbi . La sfîrşitul cursei de închidere , presiunea din cilindrul principal P era transmisă prin conducta auxiliară 2 ventilului V_{b2} şi-l deplasa spre stînga simultan cu V_{b1} care suprima admisia aerului de la V_a spre V_2 . Presiunea pe V_2 scade, aerul evacuîndu-se prin orificiile corpului ventilului V_e. Astfel este suprimată

admisia aerului prin V_1 la pistonul P , iar aerul din cilindrul principal iese prin orificiile lui V_2. Odată cu deplasarea ventilului V_{b2} se deschide un orificiu care permite trecerea aerului de la V_a deci presiunea pe V_{b2} se menţine şi după evacuarea aerului din cilindrul principal. Acest sistem complicat a fost înlocuit prin contactele cbs, care lipsesc în cazul blocajului pneumatic).

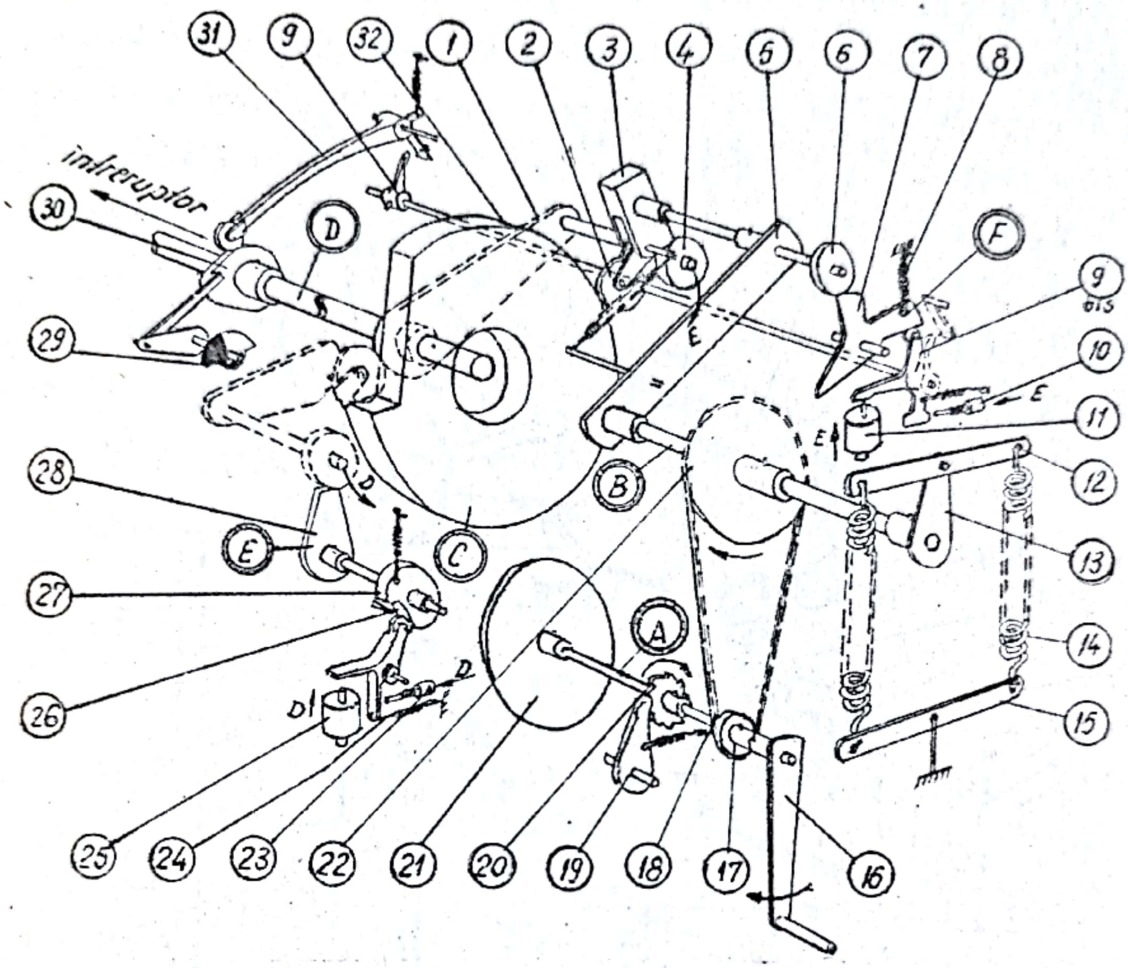
12.3.8. M e c a n i s m e d e a c ţ i o n a r e c u r e s o a r t e t i p MR.

Mecanismele de acţionare pentru întreruptoarele de medie tensiune de tip IO sînt de tipul cu resoarte (lucrează la întindere) folosite la închiderea întreruptorului şi armarea resoartelor lui de deschidere prin revenirea lor în poziţie de repaus . Se fabrică în 4 variante: MR-1 pentru seria uşoară ; MR-2 pentru seria normală cu I_n=63o A; MR-3 pentru seria normală cu I_n = 125o A şi MR-4 pentru IO - 2o - 25oo .

Principiul de funcţionare pentru dispozitivele MR-1, - 2, - 3 este acelaşi. MR-4 are o construcţie mai robustă , mai complicată pentru a putea dezvolta o energie mai mare. Cunoaşterea principiului primelor tipuri permite şi înţelegerea funcţionării tipului MR-4. Fig.12-17 şi 12-18 redau schematic elementele componente ale dispozitivelor MR (-1; - 2; -3).

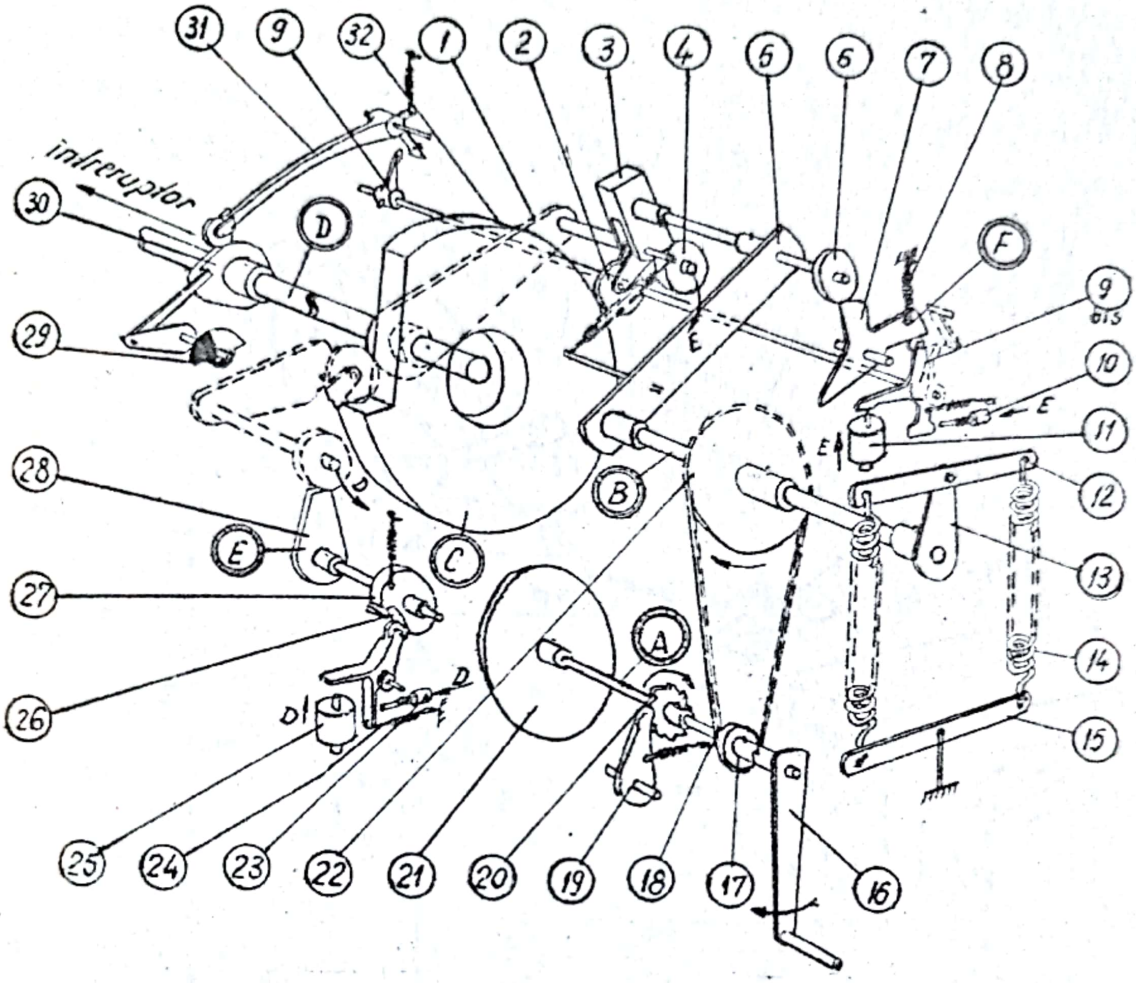
Armarea resoartelor de închidere.

1. Manual (fig.12-17) . Se roteşte manivela 16 în sensul acelor ceasornicului (săgeata plină) , deci axul A cu care este angrenată împreună cu piesele de pe ea: volantul de inerţie 21 pentru uniformizarea mişcării, roata 2o care împreună cu clichetul 19 opreşte axul să se rotească în sens contrar



1-Manivelă solidară cu axul de comandă al întreruptorului; 2-Rola clichetului de antrenare; 3-Clichet de antrenare; 4-Galetul manivelei 1; 5-Manivela de antrenare a clichetului; 6-Rolă solidară cu manivela 5; 7-Clichet cu 3 brațe; 8-Resortul levierului 7; 9-Clichetul de zăvorîre al levierului 7; 10-Butonul de apăsare pentru închidere; 11-Bobina de închidere sub tensiune; 12-Braț de antrenare a resoartelor; 13-Manivela de antrenare a brațului 12; 14-Resoarte (întinse); 15-Pîrghia fixă; 16-Manivela mecanismului; 17-Pinion demultiplicator; 18-Lanț Gaille; 19-Clichet de reținere a roții 20; 20-Roată dințată; 21-Volant de inerție; 22-Pinion de antrenare; 23-Buton de apăsare pentru deschidere; 24-Clichet de zăvorîre a camei 27; 25-Bobine de deschidere sub tensiune sau curent; 26-Limitator de cursă a camei 27; 27-Camă de zăvorîre; 28-Clichet de zăvorîre a manivelei 1; 29-Semnalizarea optică a poziției întreruptorului; 30-Camă de zăvorîre a levierului 31; 31-Levier de zăvorîre a clichetului 9; 32-Camă fixă; 33-Levierul de blocaj al întreruptorului; 34-Levier; 35-Bielă; 36-Clichet de zăvorîre; 37-Bielă; 38-Levier; 39-Bielă; 40-Resort; 41-Levier de blocaj; 42-Manivelă; 43-Manșon; 44-Ax de cuplare; 45-Pană; 46-Șurub de reglaj; 47-Suport disc; 48-Șurub de oprire 45; 49-Bielă de antrenare pentru 63; 50-Roată; 51-Camă; 52-Manivelă; 53-Resort de rapel pentru 52; 54-Port clichet; 55-clichetul roții dințate 20; 56-Bielă de antrenare pentru 56 57-Manivelă de antrenare pentru 56; 58-Reductor; 59-Motor; 60-Bielă de legătură; 61-Buton; 62-Microîntreruptor; 63-Levierul de comandă al contactelor de semnalizare.

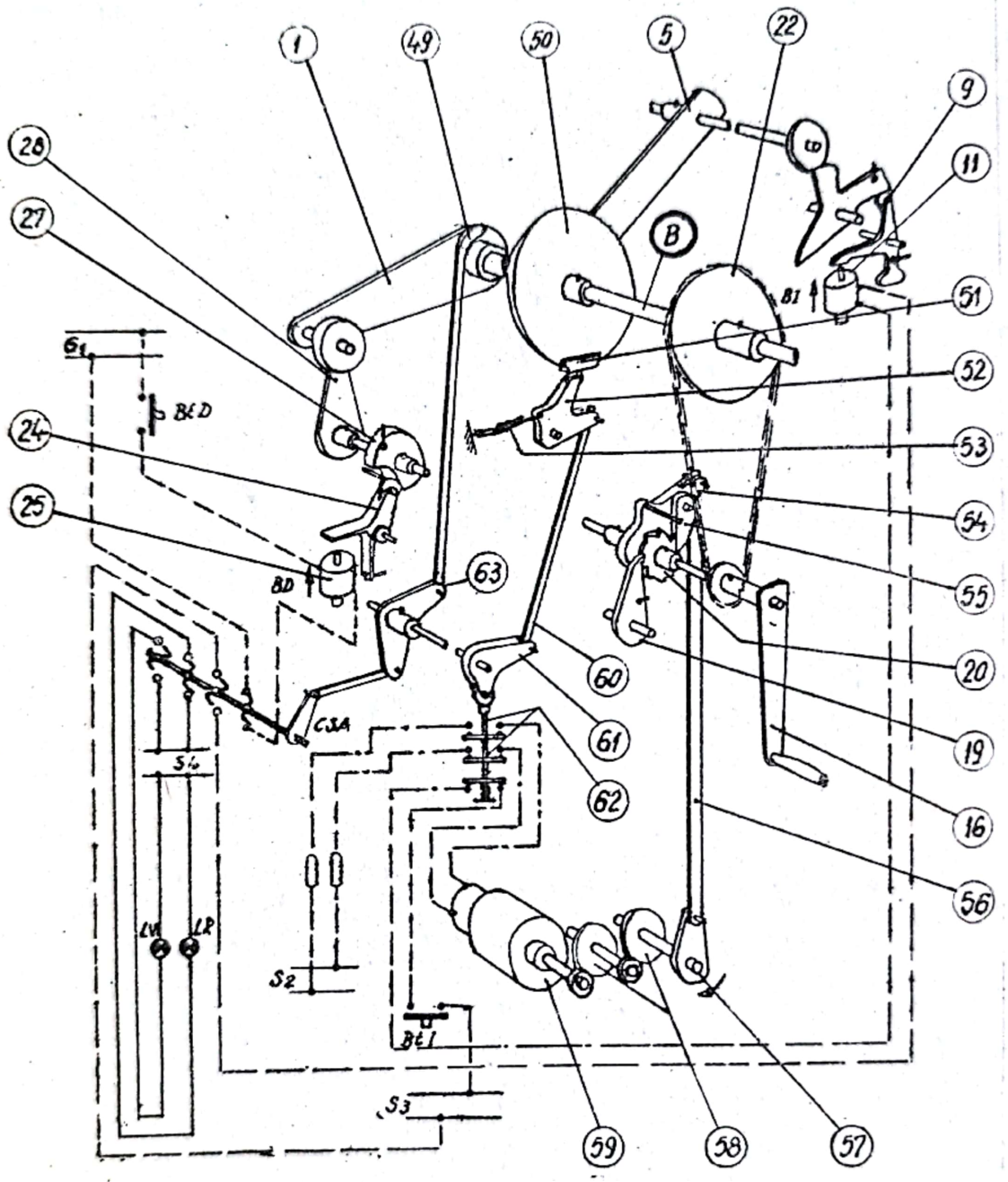
Fig.12 - 17



1-Manivelă solidară cu axul de comandă al întreruptorului; 2-Rola clichetului de antrenare; 3-Clichet de antrenare; 4-Galetul manivelei 1; 5-Manivela de antrenare a clichetului; 6-Rolă solidară cu manivela 5; 7-Clichet cu 3 brațe; 8-Resortul levierului 7; 9-Clichetul de zăvorîre al levierului 7; 10-Butonul de apăsare pentru închidere; 11-Bobina de închidere sub tensiune; 12-Brat de antrenare a resoartelor; 13-Manivela de antrenare a bratului 12; 14-Resoarte (întinse); 15-Pîrghia fixă; 16-Manivela mecanismului; 17-Pinion demultiplicator; 18-Lant Galle; 19-Clichet de reținere a rotii 20; 20-Roată dințată; 21-Volant de inerție; 22-Pinion de antrenare; 23-Buton de apăsare pentru deschidere; 24-Clichet de zăvorîre a camei 27; 25-Bobine de deschidere sub tensiune sau curent; 26-Limitator de cursă a camei 27; 27-Camă de zăvorîre; 28-Clichet de zăvorîre a manivelei 1; 29-Semnalizarea optică a poziției întreruptorului; 30-Camă de zăvorîre a levierului 31; 31-Levier de zăvorîre a clichetului 9; 32-Camă fixă; 33-Levierul de blocaj al întreruptorului; 34-Levier; 35-Bielă; 36-Clichet de zăvorîre; 37-Bielă; 38-Levier; 39-Bielă; 40-Resort; 41-Levier de blocaj; 42-Manivelă; 43-Manșon; 44-Ax de cuplare; 45-Pană; 46-Șurub de reglaj; 47-Suport disc; 48-Șurub de oprire 45; 49-Bielă de antrenare pentru 63; 50-Roată; 51-Camă; 52-Manivelă; 53-Resort de rapel pentru 52; 54-Port clichet; 55-clichetul rotii dințate 20; 56-Bielă de antrenare pentru 56 57-Manivelă de antrenare pentru 56; 58-Reductor; 59-Motor; 60-Bielă de legătură; 61-Buton; 62-Microîntreruptor; 63-Levierul de comandă al contactelor de semnalizare

Fig.12 - 17

Scanned with OKEN Scanner



Legenda de la desenul 12-17.

Fig.12-18

Scanned with OKEN Scanner

şi roata 17 care prin lanţul 18 transmite mişcarea roţii 22 , adică axului B. Axul B se roteşte simultan cu piesele solidare cu el : manivela 13 care antrenează pîrghia 12 şi armează resoarţele 14 prinse de pîrghia fixă 15 prin întindere; manivela 5 care face zăvprîrea . Manivela 5 poartă un braţ care la un capăt are rola 6 şi la celălalt capăt clichetul 3.Cînd manivela 13 trece de punctul mort (resoartele 14 sînt tensionate) clichetul 7 îi opreşte mişcarea prin rola 6 . Clichetul 7 este fix deoarece este menţinut de clichetul 9 bis şi adus în această poziţie de resortul 8.

2. Automat (fig.12-18) . Armarea automată se face cu servomotorul 59 .

La începutul închiderii (cursă unghiulară de 30°) cama 51 eliberează manivela 52 şi datorită resortului 53,prin piesele 6o şi 61,închide alimentarea motorului 59 prin contactul 62. Motorul 59 prin reductorul 58 , manivela 57 şi biela 56 antrenează prin piesa 55 roata 2o cu un dinte pentru o tură, rotind astfel axul A. In rest totul decurge ca la armarea manuală. Contactul 62 se deschide şi întrerupe circuitul motorului 59.

După ce axul B solidar cu volanul 5o au executat cursa completă de armare , cama 51 întrerupe alimentarea motorului şi închide circuitul înseriat cu butonul de închidere (B_tI).

Inchiderea . Prin apăsare pe butonul 10 sau prin alimentarea bobinei BI(11) clichetul 7 este eliberat, resoartele antrenează liber axul B . Manivela 5 prin vîrful clichetului 3 antrenează galetul 4 solidar cu manivela 1 a axului D.După ce rola 2 ajunge în crestătura camei 32 clichetul 3 se desprinde de galetul 4 .Această trecere în crestătura camei 32 corespunde cu trecerea galetului 4 deasupra clichetului 28 (cu o depăşire de cca.4°).

Clichetul 28 este solidar cu cama 27 care este zăvorîtă de clichetul 24 şi astfel întreruptorul este reţinut pe poziţia "închis" .

Deschiderea . Prin apăsare pe butonul 23 sau prin alimentarea bobinei BD-25, clicheltul 24 se roteşte , eliberează cama 27 şi deci clichetul 28 . Sub acţiunea resoartelor de deschidere a întreruptorului, aceasta trece pe poziţia "deschis" respectiv manivela 1, revine pe poziţia iniţială.

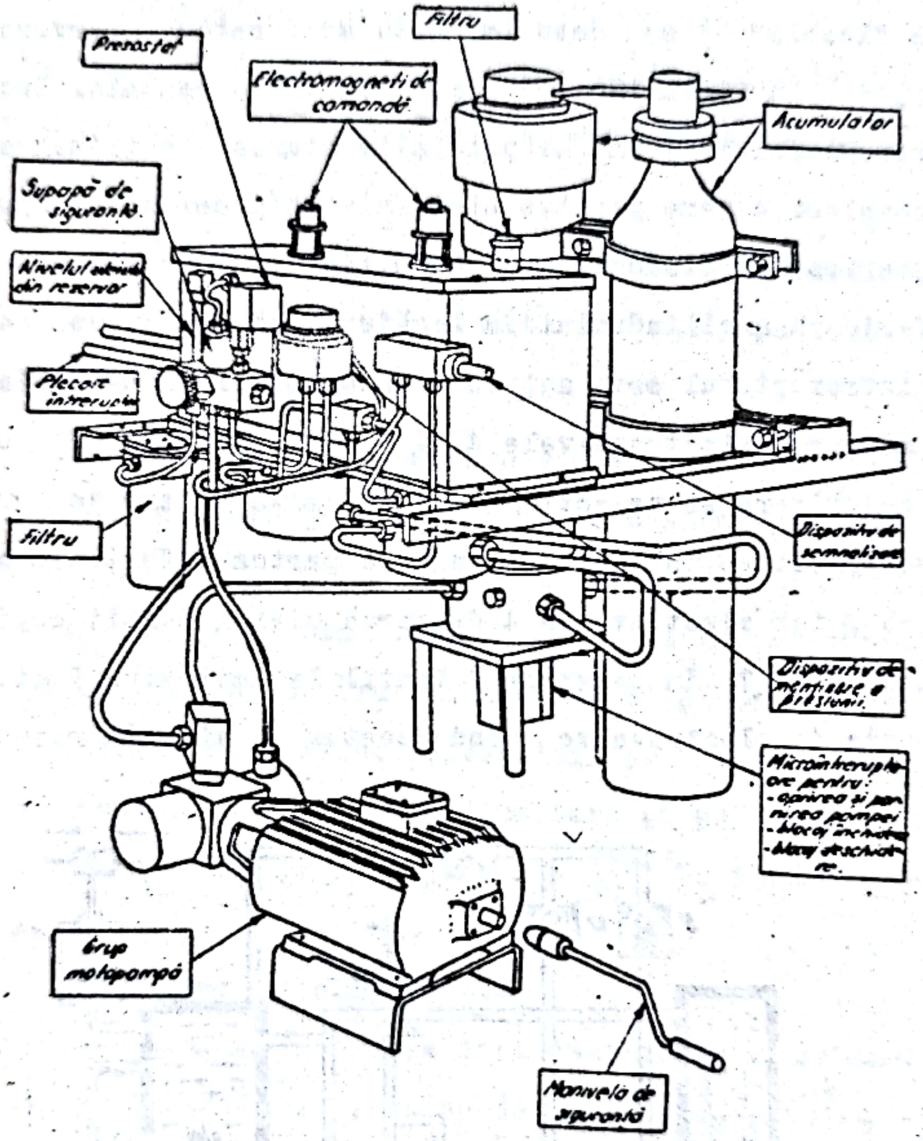
Notă. Armarea resoartelor se poate face,atît pe poziţia întreruptorului închis,cît şi deschis .

Blocaj. Cînd întreruptorul este închis sau în curs de deschidere , clichetul 31 împiedică prin 9 o nouă comandă de închidere.

12.3.9. M e c a n i s m e d e a c ţ i o n a r e tip MOP

Mecanismele oleopneumatice de tip MOP sînt utilizate la acţionarea întreruptoarelor IO - 11o- 16oo şi IO - 22o- 16oo. Noi fabricăm mecanismul oleopneumatic tip MOP.1. In figura 12-19 sînt prezentate elementele principale ale acestui mecanism,care principial funcţionează pe principiul acumulării energiei sub formă de gaz comprimat (azot) într-un ansamblu compus din acumulator şi o butelie, montate în cabina mecanismului. Energia eliberată, produsă printr-o detentă parţială a gazului comprimat ,este transmisă hidraulic (cu ulei) la mecanismul cu piston cu dublu efect, montat pe polul întreruptorului prin două ansambluri de valve (pentru închidere şi deschidere) , un ansamblu de ţevărie şi o cabină izolată de înaltă presiune.

In fig.12-2o este prezentată principial funcţionarea dispozitivului MOP . Presiunea de aproximativ 3oo at. este asigurată de acumulatorul de energie 1, cu ajutorul pompei 2 ,care trimite



Mecanism oleopneumatic tip MAP (elemente componente)

Fig.12-19

ulei sub presiune din rezervorul 3. In stare de repaus electrovalvele 4 şi 5 stau închise şi asupra feţelor pistonului 6 nu acţionează nici o diferenţă de presiune . Blocarea întreruptorului în poziţia "închis" " sau deschis" este asigurată de servoresortul "tumbler" 8 . In fig.12-2o întreruptorul este deschis. Inchiderea întreruptorului se obţine prin alimentarea electromagnetului electrovalvei 4 care permite uleiului sub presiune să ajungă pe faţa superioară a pistonului 6. Simultan electrovalva 5 pune partea inferioară a cilindrului în legătură cu rezervorul de ulei 3 şi întreruptorul este acţionat în sensul închiderii.La încetarea manevrei electrovalvele 4 şi 5 revin în stare de repaus.

Pentru deschidere se va acţiona electrovalva 5 care va permite uleiului sub presiune înaltă să ajungă la partea inferioară a pistonului 6 , iar electrovalva 4 descarcă uleiul părţii superioare a cilindrului 7, în rezervor . Ventilele antiretur 9 şi 10 asigură amonte de electrovalve , cînd acestea se află în repaus ,

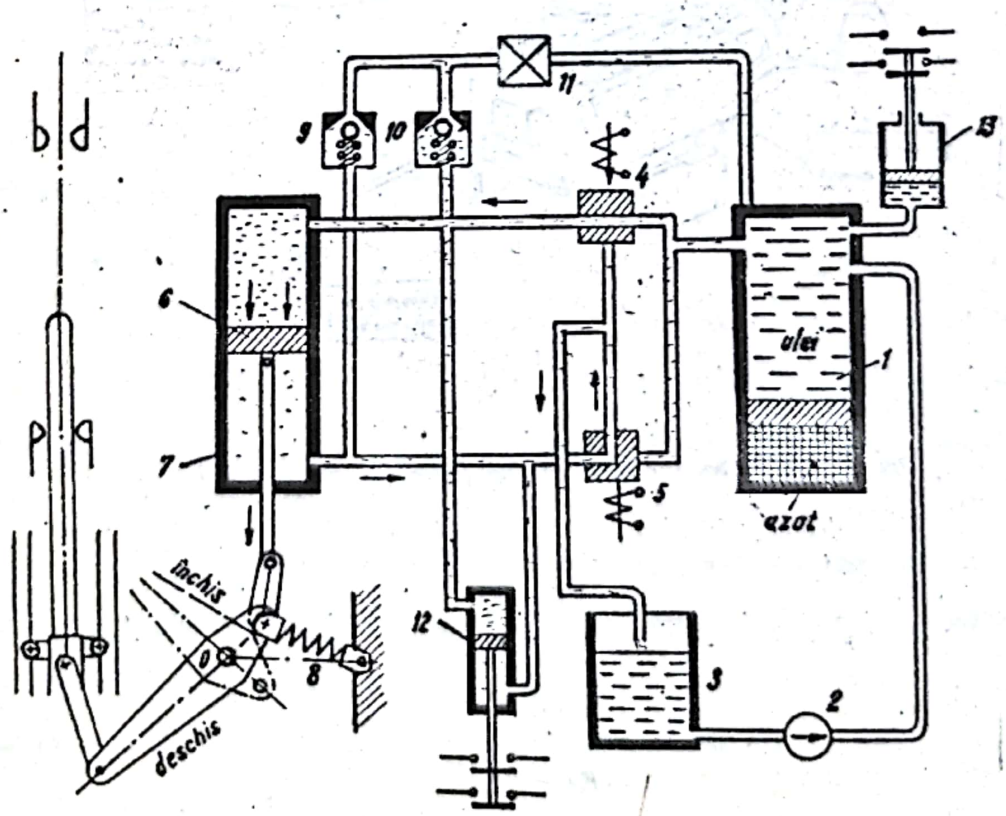


Fig.12-2o

o presiune joasă (lo at) pentru a nu permite crearea de goluri de aer. Semnalizarea poziţiei închis - deschis se face cu pistonul imagine 12, iar presostatul 13 comandă cuplarea motorului pompei 2 la scăderea presiunii.

In fig.12-21 este redată schema reală, hidraulică şi electrică, a dispozitivului MOP . Iată elementele principale.

I. Echipamentul hidraulic:

1. Ansamblul de compresie format din: rezervorul de ulei R , filtrul F, pompa P cuplată la motorul M, supapa de siguranţă S şi o clapetă de dirijare.

2. Dispozitivul de acumulare a energiei care conţine: acumulatorul A şi butelia sa, rezervorul B şi presostatul de semnalizare PR.

3. Ansamblurile bloc valve (cuprinse în interiorul rezervorului de ulei R) pentru închidere (VI) şi pentru deschidere (VD) , fiecare conţinînd: valvele pilot, intermediară, principală, de temporizare, de autoalimentare şi un defendor de presiune Dr (menţine presiunea de 1 - 3 at în tuburile de comandă) .

II. Echipamentul electric :

1. Electromagneţii de închidere I şi deschidere D comandaţi din butoanele Bi şi Bd . 2. Relee de protecţie : pentru blocajul închiderii întreruptorului (Ri , Bi) la scăderea presiunii azotului sau uleiului ; pentru blocajul deschiderii (Bi , Bd) care la scăderea presiunii uleiului prin întreruptorul M reţine întreruptorul în poziţia dorită de " închis" sau "deschis" ; de antipompaj (RAP); de închidere; presostat (Pr) de semnalizare a presiunii joase de azot.

3. Circuit de încălzire cuprinzînd : dispozitivul de încălzire intermitent cu rezistenţă comandată de un termostat

Th, rezistenta de încălzire permanentă şi un întreruptor.

4. Aparate de comandă: contactorul CM comandat de microîntreruptorul MD pentru funcţionarea grupului motor -pompă (MP); 3 microîntreruptoare comandate de tija pistonului acumulatorului ce asigură funcţionarea a două valve de blocare şi a contactorului CM; un contact de siguranţă care la introducerea manivelei de acţionare manuală a motorului, întrerupe alimentarea bobinei acestui contactor.

Uleiul folosit are calităţi speciale , neputînd fi schimbat fără avizul uzinei producătoare.

Inchiderea . Comanda de închidere se dă apăsînd butonul Bi care alimentează electromagnetul de închidere I şi se menţine pînă intervine dispozitivul de semnalizare DS (după închiderea întreruptorului). Electromagnetul apasă butonul 1 al electrovalvei de închidere VI , provocînd operaţiile:

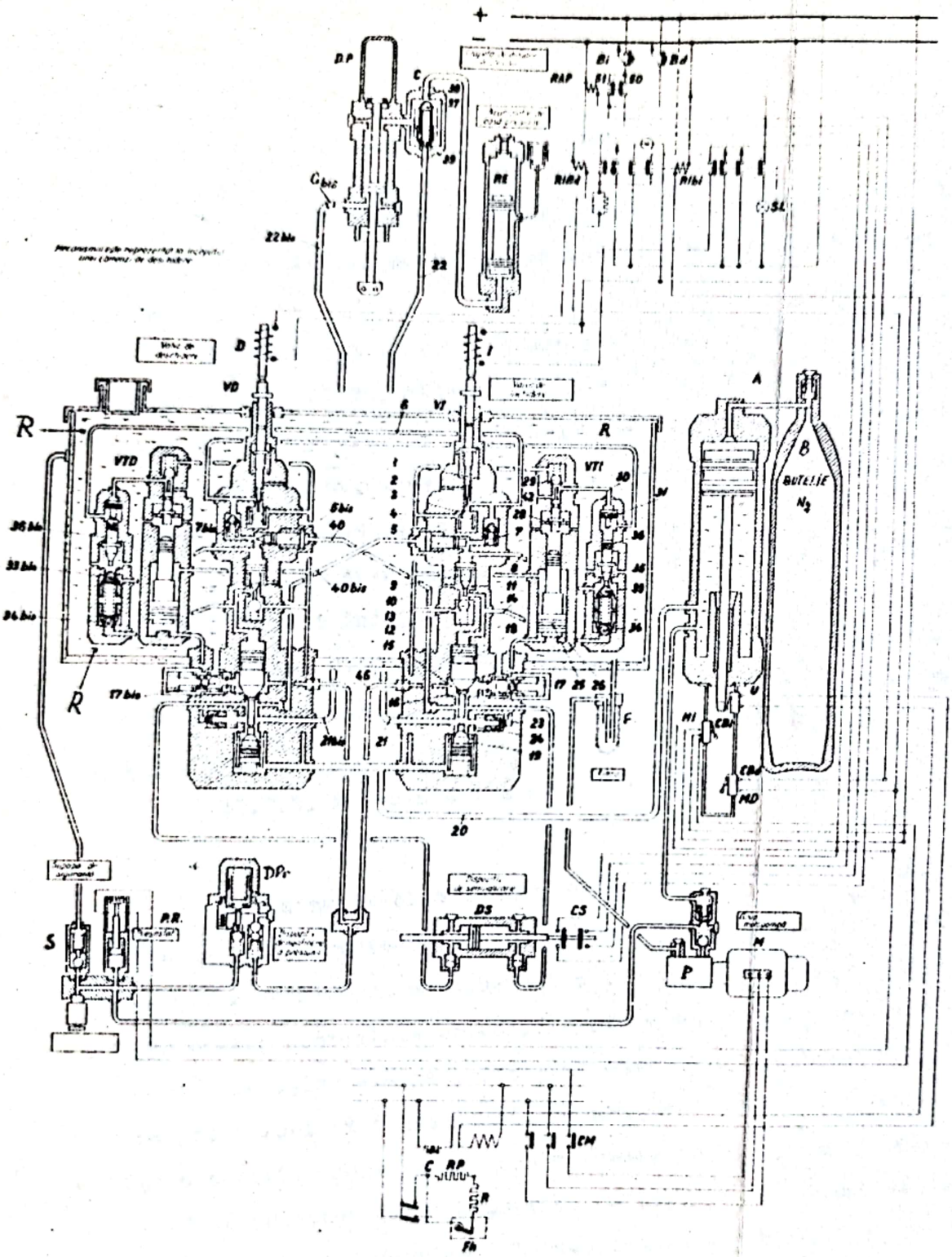
- închiderea conductei 2 de legătură cu rezervorul de ulei 2 ;

- deplasarea bilei 3 care permite accesul uleiului de înaltă presiune prin conducta 6 spre valva de temporizare la deschidere (VTD) anulînd o comandă eventuală de închidere (cazul închiderii rapide) , apoi prin clapetele 7 şi 5 , dacă în blocul opus de valve nu mai este altă presiune;

- acţionarea pistonului 9 care împinge bila 12 să închidă orificiul lo legat de rezervorul cu ulei R pînă se aşează în scaunul său 11;

- trecerea uleiului prin conducta 8 care aşează în scaunele lor clapetele 33 şi 34 ;

- bila 12 deplasîndu-se , permite uleiului sub presiune din conducta 13 să treacă în conducta 14 spre clapeta 34 şi



1 - Buton
2 - Orificiu
3 - Bilă
4 - Conductă
5 - Clapetă
5 bis - Clapetă
6 - Conductă
7 - Clapetă
8 - Conductă
9 - Piston
10 - Orificiu
11 - Sicoun
12 - Bilă
13 - Conductă
14 - Conductă
15 - Cameră
16 - Orificiu
17 - Bilă
17 bis - Clapetă de joasă presiune.
18 - Piston
19 - Clapetă
20 - Conductă
21 - Conductă
21 bis - Conductă
22 - Conductă
22 bis - Conductă
23 - Conductă
24 - Clapetă
25 - Piston
26 - Cameră
28 - Tijă
29 - Bilă
30 - Conductă
31 - Piston
33 - 33 bis - Clapetă
34 - 34 bis - Clapetă
35 - Orificiu
36 - Piston
37 - Supapă
37 bis - Supapă
38 - Tub de legătură
38 bis - Clapetă
39 - Diafragmă
39 bis - Orificii
40 și 40 bis - Conductă
46 - Conducte
48 - Conductă
50-51 - Conducte

RAP - Releu de antipompaj ; Bd - Buton de deschidere ; Bi - Buton de închidere ; C - contact de siguranță ; C - clapetă de dirijare a uleiului ; RI - Releu intermediar de închidere ; CM - Contactor 10A cu relee termice ; VD - Electrovalvă de deschidere , VI - Electrovalvă de închidere ; M - Motor c.a (I_p = 24A , I_0 = 4,7A ; P = 1,5 KW) ; PR - Presostat ; S - supapă de siguranță ; DPR - Dispozitiv de menținerea presiunii ; DS - Dispozitiv de semnalizare ; CS - Contacte de semnalizare. P - Pompă ; F - Filtru ; MI - Microîntrerupător de închidere ; MD - Microîntrerupător de deschidere ; , CA_i - Contacte de blocaj pentru închidere ; CB_d - Contacte de blocaj pentru deschidere ; U - Contact de punere în funcțiune a pompei ; A - Acumulator de energie ; B - Rezervor de azot ; VTD - Valvă de temporizare la deschidere ; VTI - Valvă de temporizare la închidere ; D - Electromagnet de deschidere ; I - Electromagnet de închidere ; RIB_d - Releu pentru declanșare automată ; RIbi - Releu pentru blocajul închiderii ; SL - Lampă semnalizare ; DP - Piston cu dublu efect ; R - rezervor cu ulei ; RE - Acumulator de joasă presiune ; RE bis - Rezervor de expansiune ; C bis - Clapetă

Fig.12-21

de acumulatoare

spre pistonul 18, care deschide clapeta 19 şi obturează orificiul 16 f ă c î n d comunicaţia înaltei presiuni cu c a m e r a 15. Uleiul de înaltă presiune sosit prin conducta 20 trece, ocolind clapeta 19, şi alimentează pistonul cu dublu efect DP, montat în carterul întreruptorului , prin conductele de înaltă presiune 21 - 22 .

Alimentarea mecanismului DP se produce prin operaţiile:

- apăsarea energică a supapei 37 în scaunul său 38 care blochează comunicarea cu rezervorul de expansiune RE de către uleiul venit prin conducta 22;

- trecerea uleiului prin diafragma 39 la pistonul mecanismului DP şi acţionarea pe faţa superioară a pistonului în cazul prezentat.

Intoarcerea uleiului din mecanismul DP (cealaltă faţă) are loc prin 22 bis la clapeta Cbis, la rezervorul de expansiune RE bis (nefigurate) similare lui C şi RE. Uleiul este menţinut în rezervorul RE bis pînă ce pistonul mecanismului DP termină cursa, după care este restituit rezervorului de ulei R prin elementele 38 bis - 39 bis - 22 bis - 17 bis cu debitul determinat de orificiul 39 bis, toate aparţinînd clapetei Cbis nefigurată, dar identică cu clapeta C.

Deschiderea clapetei 19 permite în acelaşi timp uleiului să treacă prin conductele 23, clapeta 24 la pistonul 25 , deplasîndu-l.

Cu un mic avans de timp înainte de terminarea închiderii, contactul CS acţionat de dispozitivul DS întrerupe circuitul electromagnetului I, care permite bilei 3 să revină în starea iniţială. Clapetele 7 şi 3 împiedică revenirea pistonului 9 înapoi.

Uleiul din dispozitivul DS se întoarce în rezervorul R

prin conductele 2 bis - 17 bis .

Acum pot exista două situaţii : închiderea are loc simplu sau s-a produs pe un scurtcircuit şi trebuie să aibă loc imediat deschiderea .

Iată închiderea simplă .

Pistonul 25 al valvei de temporizare VTI apăsat, se deplasează temporizat astfel încît durata cursei sale este superioară celei a pistonului mecanismului DP şi final loveşte tija 28 care închide accesul la rezervorul R prin conducta 42 şi deschide circuitul închis de bila 29 . Astfel uleiul de înaltă presiune din conducta 4 poate trece pe lîngă bila 29 , conducta 3o la pistonul 31 . Acesta acţionează pistonul 36 , care deschide clapeta 33 şi readuce clapeta 34 pe scaunul său . Conducta 8 reia legătura cu rezervorul R prin orificiul 35 şi pistonul 9 redeschide orificiul 1o . De asemenea,bila 12 revine în scaunul său, conducta 14 revine la presiunea rezervorului R prin orificiul 1o, pistonul 18 se ridică şi clapeta 19 revine în stare iniţială (pe scaunul său) . Uleiul din conductele 12,22 şi 23 se poate destinde în rezervor prin clapeta 17. Cînd presiunea din camera 26 este suficient de slabă,pistonul 25 este readus repede în jos de înaltă presiune care vine prin conducta 13,iar tubul 3o este pus la presiunea rezervorului prin orificiul 24 .Pistoanele 31 şi 36 se ridică , clapeta 33 revine la poziţia sa şi întreg ansamblu a revenit la starea iniţială.

Inchiderea pe scurtcircuit.

In acest caz întreruptorul primeşte suplimentar impulsul de deschidere . Pistonul 36 primeşte de la valva de deschidere VD alimentarea, deschide clapeta 33 şi aşează clapeta 34 pe scaunul său. Conducta 8 este pusă la presiunea rezervorului şi valva de închidere revine la starea iniţială exact cum s-a arătat anterior . Comanda de deschidere începe să se execute cînd

Scanned with OKEN Scanner

prin conductele 2 bis - 17 bis .

Acum pot exista două situaţii : închiderea are loc simplu sau s-a produs pe un scurtcircuit şi trebuie să aibă loc imediat deschiderea .

Iată închiderea simplă .

Pistonul 25 al valvei de temporizare VTI apăsat, se deplasează temporizat astfel încît durata cursei sale este superioară celei a pistonului mecanismului DP şi final loveşte tija 28 care închide accesul la rezervorul R prin conducta 42 şi deschide circuitul închis de bila 29 . Astfel uleiul de înaltă presiune din conducta 4 poate trece pe lîngă bila 29 , conducta 3o la pistonul 31 . Acesta acţionează pistonul 36 , care deschide clapeta 33 şi readuce clapeta 34 pe scaunul său . Conducta 8 reia legătura cu rezervorul R prin orificiul 35 şi pistonul 9 redeschide orificiul 1o . De asemenea, bila 12 revine în scaunul său, conducta 14 revine la presiunea rezervorului R prin orificiul 1o, pistonul 18 se ridică şi clapeta 19 revine în stare iniţială (pe scaunul său) . Uleiul din conductele 12,22 şi 23 se poate destinde în rezervor prin clapeta 17. Cînd presiunea din camera 26 este suficient de slabă, pistonul 25 este readus repede în jos de înaltă presiune care vine prin conducta 13, iar tubul 3o este pus la presiunea rezervorului prin orificiul 24 .Pistoanele 31 şi 36 se ridică , clapeta 33 revine la poziţia sa şi întreg ansamblu a revenit la starea iniţială.

Inchiderea pe scurtcircuit.

In acest caz întreruptorul primeşte suplimentar impulsul de deschidere . Pistonul 36 primeşte de la valva de deschidere VD alimentarea, deschide clapeta 33 şi aşează clapeta 34 pe scaunul său. Conducta 8 este pusă la presiunea rezervorului şi valva de închidere revine la starea iniţială exact cum s-a arătat anterior . Comanda de deschidere începe să se execute cînd

Scanned with OKEN Scanner

în conducta 4o presiunea scade atît încît clapeta 5 bis să revină, permiţînd exècutarea comenzii de deschidere .

Deschiderea

Deschiderea poate'fi comandată prin apăsarea butonului BD care acţionează electromagnetul de deschidere D, care provoacă funcţionarea valvei de deschidere identică cu cea de închidere. Analog contactul CS acţionat de dispozitivul DS va întrerupe cu o mică anticipare circuitul electromagnetului D. Valva pilot revine în repaus. De asemenea,alimentarea pistonului mecanismului DP pe faţa inferioară şi revenirea uleiului de pe faţa superioară decurge analog, expansiunea uleiului fiind de data aceasta asigurată de clapeta C şi rezervorul RE , iar accesul uleiului de către Cbis şi RE bis . Similar revine uleiul în rezervorul R.

Deschiderea simplă (fără comandă de deschidere) este încheiată datorită clapetelor 7 bis , 34 bis şi a valvei de deschidere temporizată VTD .Procesul decurge similar ca la închidere.-

Deschiderea urmată de reînchidere rapidă. In acest caz comanda de deschidere este eliminată de acţiunea pistonului 36 bis asupra clapetelor 33 bis şi 34 bis, deci cînd în conducta 4o bis presiunea scade suficient ca să revină clapeta 5, care permite reluarea ciclului de închidere.

Menţinerea uleiului în tuburile izolante 22 şi 22 bis în stare de repaus , este asigurată de dispozitivul de menţinere a presiunii DPr. Clapetele 17 şi 17 bis protejează conductele împotriva suprasarcinilor periculoase datorită dilatării termice a uleiului . Conductele 43 echilibrează presiunea joasă în tuburile 22 şi 22 bis şi implicit pe feţele pistoanelor dispozitivelor DP şi DS.

Scanned with OKEN Scanner

Antipompajul (protecţia contra săriturilor) se realizează pe cale electrică de către releul RAP, care este alimentat de releul de deschidere D. Contactul 5o (normal închis) al releului RAP comută comanda de închidere pe deschidere .Autoreţinerea şi-o face prin contactul 51 (ND) cît timp BI este menţinut închis. O nouă închidere se poate repeta dacă deschidem butonul BI.

Blocajul acesta este necesar cînd mecanismul MOP nu este capabil să efectueze manevra.

Blocajul la închidere în cazul scăderii presiunii azotului din acumulator (scăpări de azot) se produc datorită acţionării presostatului Pr. Acesta prin contactul său pune sub tensiune releul RiBi care prin contactul 52 împiedică comanda de închidere , comandă semnalizările luminoase SL instantanee şi sonoră întîrziată SS pentru a o evita la o scăpare momentană normală a presiunii (manevra întreruptorului).

Blocajul în cazul volumului de ulei insuficient în acumulator este obţinut prin microîntreruptorul MI.

Blocajul la deschidere este obţinut prin microîntreruptorul MD cînd uleiul din acumulator este insuficient . MD comandă releul RiBI , care acţionează în funcţie de poziţia unei chei de comandă pusă de beneficiar,fie pe deschidere automată (DA),fie pe menţinerea întreruptorului şi semnalizează prin releul de semnalizare de defect(DS).

In cazul comenzii trifazate schema electrică se poate complica.

Dispozitivele oleopneumatice şi deci MOP-l prezintă avantajele:

1. suplete funcţională mare faţă de resoarte; 2.viteză foarte mare de acţionare (închiderea sau deschiderea durează

o,ol - o,o2s): 3. gabarit redus şi manevră uşoară ; 4. sincronizarea bună la rupere multiplă; 4. caracteristică mecanică bună (forţa motoare superioară forţei rezistenţei); 5.ţevăria sub presiune înaltă numai în timpul comenzilor . etc.

Ca dezavantaje prezintă : 1. construcţie şi tehnologie de fabricaţie complicată; 2. complexitate mare datorită existenţei a doi agenţi de lucru (ulei şi azot) la presiune înaltă ; 3. tubulatură specială din ţesătură de sticlă sau răşini sintetice cu calităţi electrice şi mecanice deosebite pentru alimentarea pistonului cu dublu efect ; 4. nu are mecanism de decuplare liberă etc.

12.4. Intreruptoare cu aer comprimat

Intreruptoarele cu aer comprimat folosesc aerul comprimat pentru stingerea arcului şi ca sursă de energie pentru acţionare.

Prezintă următoarele avantaje: 1. excluderea exploziei şi incendiilor la scurtcircuite,posibile la întreruptoare cu ulei ; 2. acţionare foarte rapidă ; 3. supleţe în comenzi; 4. gabarit şi greutate reduse ; 5. acţionare mai simplă; 6.deconectează curenţi mici capacitivi ; 7. revizie uşoară ; 8.permite realizarea de serii unitare; 9. pot fi obţinute puteri mari de rupere ; 10. poate funcţiona în interior şi exterior, etc.

Ca dezavantaje sînt : 1. necesitatea unei staţii de aer comprimat; 2. preţ de cost ridicat; 3. piston pneumatic complicat ; 4. posibilitatea conturnării interioare a izolatoarelor de porţelan , dacă pătrunde aer umed; 5. comportare slabă la defectul kilometric etc.

12.5. Alte tipuri de întreruptoare

12.5.1. Intreruptoare cu hexafluorură de sulf (SF_6)

Introduse recent în exploatare , deocamdată experimental

în ţările industrial avansate , întreruptoarele cu hexafluorură de sulf (comprimată) au performanţe superioare întreruptoarele cu aer comprimat. Deşi cer o precizie mare de execuţie , izolaţii stabile la SF_6, par să ofere soluţii avantajoase datorită gabaritului redus a posturilor blindate de înaltă tensiune (1/10 din sistemele clasice), mai ales pentru staţii de distribuţie în oraşe , sectoare industrializate etc.

12.5.2. Intreruptoare cu autogenerare de gaze

Folosesc suflajul de gaze generate prin descompunerea substanţelor solide speciale de către arcul de întrerupere, excluzînd instalaţiile de aer comprimat . Deşi construcţia este simplă , preţul de cost redus , nu se pot răspîndi deoarece eficacitatea stingerii depinde de valoarea curentului şi de uzura materialului gazigen . Acest principiu este folosit la noi la construcţia separatoarelor de sarcină cu camere plate şi la descărcătoare cu fibră.

12.5.3. Intreruptoare cu suflaj magnetic

Construite analog contactoarelor de înaltă tensiune ,dar cu frecvenţa de conectare mai redusă , n-au răspîndire prea mare . In instalaţiile noastre încă nu şi-au făcut apariţia. Se pare că tipul solenaro are şanse de răspîndire mai mari.

12.5.4. Intreruptoare cu vacuum

Vidul oferă posibilităţi mai bune ca aerul pentru stingerea arcului , dar cere folosirea unor materiale deosebite. Rezultatele obţinute sînt încurajatoare , dar nu s-au impus încă în exploatare.

12.6. Alegerea întreruptoarelor

Intreruptoarele joacă un rol deosebit în asigurarea sta-

bilităţii sistemelor energetice pe care-l pot îndeplini prin: deconectarea ultrarapidă a scurtcircuitului (la prima trecere prin zero) , reanclanşarea rapidă preferabil pe fiecare pol al întreruptorului etc. In această privinţă actualele întreruptoare din seria IO satisfac cerinţele ţării noastre.

Alegerea unui întreruptor de înaltă tensiune este o problemă destul de dificilă pentru care de multe ori rezultă o soluţie parţială.

Deşi în cazul ţării noastre , existînd o singură serie de întreruptoare, problema pare simplă, totuşi practica a arătat că trebuie un studiu temeinic prealabil pentru a stabili toate solicitările maxime probabile la care va fi supus în exploatare întreruptorul.

La alegerea întreruptorului trebuie ca parametrii lui nominali să fie comparaţi cu ai reţelei în care va lucra, pentru cele mai grele situaţii posibile.

Tensiunea nominală a întreruptorului Un trebuie să fie egală sau superioară tensiunii nominale a reţelei.

Curentul nominal de regim permanent al întreruptorului trebuie să fie mai mare decît curentul maxim al instalaţiei. De asemenea, curentul de rupere al întreruptorului trebuie să depăşească cel mai mare curent de scurtcircuit calculat pentru momentul separării contactelor. Trebuie să se verifice dacă stabilitatea termică şi electrodinamică a întreruptorului este acoperitoare locului instalării.

O atenţie deosebită trebuie acordată condiţiilor impuse întreruptorului de a funcţiona în cicluri sau în sisteme RAR.

Sînt unele situaţii în exploatare care pot pune în dificultate întreruptorul. Deconectarea sarcinilor pronunţat rezistive s-a dovedit a fi sarcina cea mai uşoară pentru întreruptor.

Scanned with OKEN Scanner

La deconectarea sarcinilor mici inductive (transformatoare în gol etc) se poate produce întreruperwa curentului înaintea trecerii prin zero (tăierea sau smulgerea curentului) , fenomen însoţit de supratensiuni periculoase. De asemenea,situaţii dificile se produc la deconectarea liniilor în gol , a cablurilor , a condensatoarelor, cînd supratensiunile pot atinge un nivel foarte periculos. Condiţiile impuse întreruptorului ca să poată întrerupe , atît curenţi capacitivi mici cît şi curenţi inductivi mici sînt contradictorii. O soluţie modernă de compromis constă în montarea în paralel la bornele întreruptorului a unei rezistenţe în serie cu un eclator (circuit echivalent unui descărcător) cu o caracteristică neliniară a rezistenţei.

Trebuie analizat dacă întreruptorul nu va fi pus practic în situaţia deconectării în opoziţie de fază. De asemenea,trebuie examinată şi posibilitatea producerii defectului kilometric sau a defectului evolutiv care poate pune în dificultate întreruptorul cu ulei puţin.

Pentru specialiştii din exploatare , cunoaşterea acestor probleme are importanţă la verificarea dacă întreruptoarele existente în funcţiune corespund sau nu. Trebuie reţinut că situaţia este foarte dinamică : întreruptorul îmbătrîneşte mereu, mai ales în cazul avariilor dese, iar solicitările devin tot mai periculoase datorită intensificării exploatării reţelei deservite. Numai o întreţinere severă poate duce la reuşită deplină.

Scanned with OKEN Scanner

13. APARATE DE PROTECTIE DE INALTA TENSIUNE

13.1. Generalităţi

Aparatele de protecţie de înaltă tensiune sîn aparatele folosite în astfel de instalaţii , cu izolaţie proprie corespunzătoare , similară aparatelor de acelaşi nivel de izolaţie.

Curent sînt folosite două grupe de aparate de protecţie :

1. Aparate de protecţie la supracurenţi: siguranţe de înaltă tensiune şi bobine de reactanţă;

2. Aparate de protecţie la supratensiuni : eclatoare şi descărcătoare.

13.2. Siguranţe fuzibile de înaltă tensiune

13.2.1. G e n e r a l i t ă ţ i .

Siguranţele fuzibile de înaltă tensiune sînt aparate automate , destinate pentru protecţia instalaţiilor de înaltă tensiune împotriva curenţilor de scurtcircuit (a suprasarcinilor mari) , prin topirea unei anumite părţi a căii de curent.

Siguranţele fuzibile de înaltă tensiune cu mare putere de rupere pot fi folosite la protecţia :

1. transformatoarelor de putere contra scurtcircuitelor;

Scanned with OKEN Scanner

2. reţelelor locale legate la reţele cu puteri de scurt-circuit mari ;

3.întreruptoarelor vechi, a căror putere de rupere este depăşită de puterea de scurtcircuit;

4. bateriilor de condensatoare ;

5. instalaţiilor deservite de separatoare de sarcină;

6. motoarelor de înaltă tensiune comandate prin conductoare ; etc.

Utilizarea siguranţelor fuzibile de înaltă tensiune atrage după sine aceleaşi consecinţe (avantaje şi dezavantaje) ca şi la joasă tensiune .

Procesul de funcţionare al siguranţei de înaltă tensiune (încălzirea , fuziunea , arderea arcului) decurge analog ca la joasă tensiune.

Rolul fundamental al siguranţelor de înaltă tensiune este acela de protecţie contra scurtcircuitelor.

Calităţile de bază necesare siguranţelor fuzibile de înaltă tensiune sînt: 1) putere de rupere mare; 2) efect limitator al curentului mare; 3) supratensiuni reduse.

Tendinţa actuală este de a folosi siguranţele tubulare din materiale cu granulaţie fină.

Tara noastră s-a orientat către acest gen de siguranţe şi a elaborat o serie unitară de siguranţe de înaltă tensiune.

13.2.2. S i g u r a n ţ e f u z i b i l e d e i n t e r i o r ş i d e e x t e r i o r SFI_n - $SFIT_n$ şi SFE_n - $SFET_n$

Semnificaţia notaţiilor simbolice este :

SFIn - Siguranţă fuzibilă de interior pentru circuite de

forţă, serie nouă;

SFITn - siguranţă fuzibilă de interior pentru transformatoare , serie nouă ;

SFEn - siguranţă fuzibilă de exterior pentru circuite de forţă , serie nouă etc. Pentru patroanele lor notaţia simbolică este : FIn, FITn, FEn , FETn .

Uzinele Electroputere Craiova construiesc o gamă nouă de siguranţe fuzibile conform cu recomandările CEI (Comitetul Electrotehnic Internaţional) , cu performanţe ridicate , destinată protecţiei:

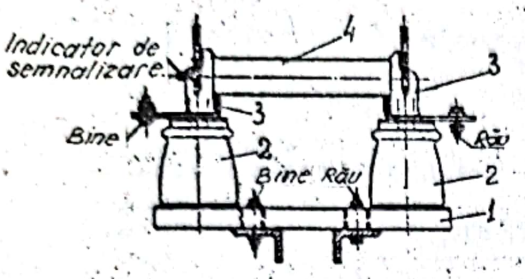
1. circuitelor de forţă; 2. transformatoarelor de măsură; 3. pentru instalaţii diverse.

Calităţile noilor siguranţe sînt : 1. mare putere de rupere , 2. siguranţă mărită în exploatare ; 3. efect de limitare a curenţilor de scurtcircuit; 4. stabilitate mărită a caracteristicilor de funcţionare; 5. rupere fără efect exterior; 6 . supratensiuni reduse. etc.

C o n s t r u c ţ i a s i g u r a n ţ e l o r f u z i b i l e .

Suportul siguranţei (fig. 13-1) este compus din : placa de bază 1; izolatoarele suport 2, contactele 3 (pe care se fixează patronul 4 şi care se leagă în instalaţie) şi şurubul de punere la punere la pămînt . Siguranţele fuzibile de interior au suportul de interior tip SFIn şi patronul fuzibil de interior (fig.13-1). Pentru exterior , suportul va fi de exterior tip SFEn şi patronul tot de exterior FE_n . Deosebirea apare foarte evidentă după tipul izolatoarelor : de exterior sau interior. A fost adoptat un înalt grad de tipizare. Astfel capacele patroanelor au fost făcute toate cu aceleaşi diametre (56 mm) , încît a rezul-

tat pentru contactele suporturilor variantele minime de contacte. A fost limitată tensiunea de lucru la 35 kV, patru trepte, (6-1o-2o-35 kV) şi au fost admise 4 lungimi ale suporturilor şi patroanelor conform celor patru trepte de tensiune. Curenţii nominali ai patroanelor au fost limitaţi la seria curenţilor domeniului 2,5 - 1oo A . La fiecare tensiune s-au construit două variante de suporturi pentru întreg domeniul curenţilor. Final au rezultat doar 36 tipuri de suporturi de siguranţe pentru interior şi exterior (circuite de forţă 18 şi pentru transformatoare 18). Suporţii de interior se construiesc numai monopolari , iar de exterior în variantele bipolară şi tripolară.



Siguranţă fuzibilă tip SFIn: 1-placa de bază; 2-izolator suport; 3-contacte; 4-patronul.

Fig.13-1

Construcţia patroanelor fuzibile de interior FIn 6-35 kV/ 2,5 - 1oo A.

Adoptînd numai trei diametre de patroane fuzibile ,aceleaşi diametre ale capacului (56 mm), numai 4 lungimi pentru cele 4 trepte de tensiune au rezultat numai 36 tipo-dimensiuni de patroane FIn pentru întreaga serie a curenţilor. Patroanele de 6 kV acopăr tot domeniul curenţilor, cele de 1o kV numai pînă la 63 A , iar cele de 2o şi 3o kV numai pînă la 4o A. In fig. 13-2 sînt reprezentate elementele constructive ale unui patron. Patroanele fuzibile tip FIn se compun dintr-un tub patron (anvelopă) de porţelan 1, închis cu ajutorul capacelor de contact 5 din cupru argintat în care se află montat firul fuzibil

6 de argint , cu secţiune variabilă , spiralizat uniform pe un

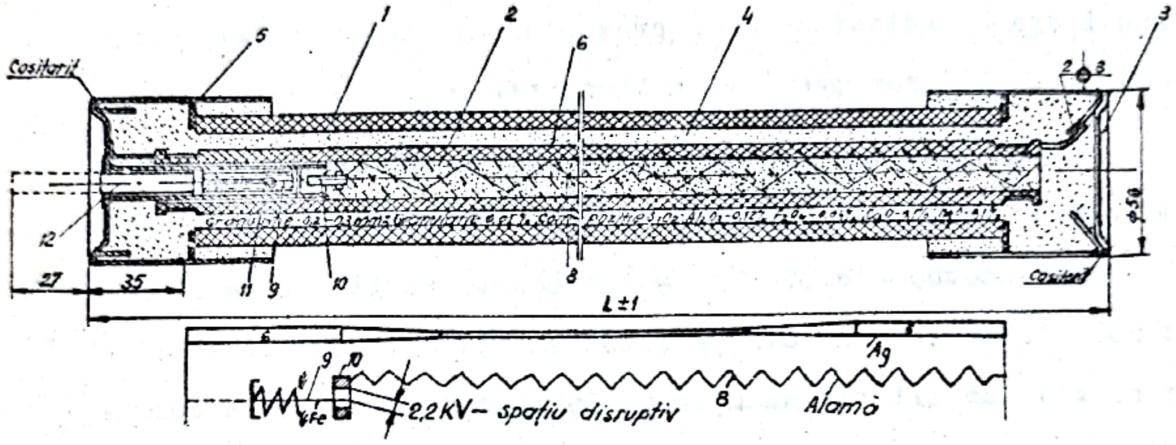


Fig.13 - 2

suport de termoceramit 2 . Ansamblul suport-fir fuzibil este acoperit cu nisip de cuarţ special tratat cu o compoziţie chimică adecvată.

Patroanele fuzibile de interior sînt prevăzute cu un ansamblu indicator de semnalizare şi acţionare. De piesa 7 se prinde capătul unui fir ondulat de alamă 8, iar celălalt capăt de bucşa izolantă de termoceramit grafitat coloidal lo. Indicatorul optic şi de semnalizare 12 este reţinut în interiorul patronului de firul de fier 9 prins de semnalizator printr-un cîrlig şi de bucşa lo , care menţine comprimat resortul 11. Acest resort poate dezvolta o forţă de 2 kgf prin destindere , capabilă să elibereze un mecanism de acţionare al separatorului de sarcină tip SPTI sau STIS, cu care poate fi asociat . Susţinerea în-

dicatorului cu firul de fier şi alamă asigură nemodificarea caracteristicii de funcţionare a patronului. Funcţionarea indicatorului decurge astfel : după topirea firului de argint şi apariţia tensiunii de restabilire suprafaţa bucşei izolante grafitate este conturnată (aprox 2,2 kV) şi permite topirea firului de susţinere a indicatorului , provocînd destinderea resortului şi deci semnalizarea,eventual acţionarea.

Patroanele fuzibile tip FIn - FEn au proprietăţi deosebite de limitare a curentului . La scurtcircuite mari întreruperea durează o,oo5 - o,oo7 s, adică scurtcircuitul este întrerupt mult înainte ca să atingă valoarea maximă, ceea ce nu se obţine cu mici un alt tip de aparat. Puterea de limitare a curentului de scurtcircuit se datoreşte folosirii carcasei 2 , a firului de argint şi cu secţiunea(mică) variabilă în trepte,iar la curenţi mai mari şi folosirea mai multor fire în paralel. Secţiunea minimă fiind la mijloc,se asigură ca zona iniţială de topire să se producă la mijlocul fuzibilului.

Folosirea pieselor fuzibile grafitate(cu secţiune variabilă) a avut ca efect şi limitarea supratensiunilor la o valoare admisibilă de max. (1,8 - 1,9) U_n .

Puterea de rupere a acestor siguranţe este în domeniul 3oo - 4oo MVA. Patroanele pentru exterior tip FE_n 6-35 kV sînt construite pentru aceeaşi curenţi nominali, cu aceleaşi tuburi patron şi aceleaşi fuzibile. Deoasebirea constă în absenţa semnalizatorului şi a părţilor sale aferente pentru tipurile de exterior.

Patroanele fuzibile pentru protecţia transformatoarelor sînt asemănătoare cu tipul FEn 6 - 35 kV ca aspect exterior şi gabarit , dar firul fuzibil este din constantan şi nu are indicator de semnalizare.

13.2.3. Alegerea siguranţelor

Alegerea siguranţelor trebuie făcută pe baza unui studiu minuţios al instalaţiilor pe care le va deservi.

Astfel pornirea motoarelor asincrone poate provoca vîrfuri mari de curent la pornire, (7 - 8) I_n, care pot dura un timp de ordinul secundelor. Transformatoarele la cuplare pot produce vîrfuri de curent la cca . lo I_n cu durata de o,1 s. Alegerea curentului nominal al siguranţei trebuie să se facă astfel ca să poată suporta şocurile . Pentru transformatoare unii autori recomandă :

$$I_{n\ sig.} = (1,8 \div 2)\ I_{nT} .$$

Trebuie să se ţină seama: că siguranţele necesită să aibă o funcţionare selectivă, cînd sînt asociate cu alte siguranţe fuzibile , întreruptoare etc.

Tensiunea nominală a siguranţei trebuie să fie egală sau mai mare decît a izolaţiei, iar puterea de rupere preferabil superioară.

Deci asupra alegerii siguranţelor fuzibile au importanţă:

1. Parametrii nominali ai circuitului şi suprasarcinile posibile , luînd în considerare şi armonicile superioare;

2. Fenomenele tranzitorii la cuplarea în gol a unui transformator, curentul şi timpul de demarare a motoarelor asincrone , curentul absorbit de bateriile de condensatoare etc.

3. Coordonarea selectivă a protecţiei.

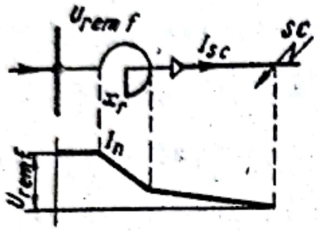
In toate cazurile curentul nominal al patronului fuzibil trebuie să fie superior curentului nominal de serviciu.

Scanned with OKEN Scanner

13.3. Bobine de reactanţă

13.3.1. G e n e r a l i t ă ţ i

Bobinele de reactanţă (reactoarele) sînt bobine cu inductanţă constantă , care servesc în circuitele electrice de mare putere pentru limitarea curenţilor de scurtcircuit şi menţinerea tensiunii la bare în regim de avarii (fig.13-3).



Distribuţia tensiunii pe porţiunea de la bare pînă la locul de scurtcircuit, după bobina de reactanţă.

Fig.13-3

Se montează la barele colectoare ale centralelor electrice , în staţiile de transformare, precum şi la liniile care pleacă de la aceste bare, cîte una în serie pe fiecare fază.

Limitarea valorilor curenţilor de scurtcircuit realizează condiţii mai bune pentru funcţionarea separatoarelor , întreruptoarelor, generatoarelor, cablurilor etc.

Menţinerea tensiunii la bare la un anumit nivel asigură alimentarea electrică fără întrerupere a consumatorilor şi măreşte stabilitatea sistemului electroenergetic .

Obişnuit se construiesc fără miez de oţel pentru a avea inductanţă constantă, în aer sau ulei . Se preferă bobinele de reactanţă în ulei rigidizate în beton pentru a avea stabilitate electrodinamică mare.

Parametrul principal al bobinei de reactanţă este reactanţa bobinei, al cărei efect principal este o cădere de tensiune pe bobină egală cu :

$$\Delta U_f = x_r \; I_n ,$$

dacă se consideră rezistenţa activă neglijabilă faţă de reactanţă.

Reactanţa procentuală reprezintă raportul :

$$x_r\% = \frac{\Delta U_f}{U_f} 100 = x_r \frac{I_n}{\frac{U_n}{\sqrt{3}}} 100 = \frac{\sqrt{3}\, I_n\, x_r}{U_n} 100.$$

Intrucît reactanţa bobinei are expresia :

$$x_r = \omega L \cdot 10^{-3} = 2\pi f L\, 10^{-3}\ (\Omega),$$

unde L este inductanţa bobinei, în [m H], reactanţa procentuală devine pentru f = 50 Hz :

$$x_r\% = \frac{54{,}4\, L\, I_n}{U_n}.$$

Reactanţa procentuală $x_r\%$ este un indicator al posibilităţii de limitare a curentului şi poate fi de (6 - 8)% pentru linii şi (8 - 12)% pentru bare.

In cazul unui scurtcircuit,curentul de scurtcircuit practic este determinat numai de parametrii bobinei de reactanţă şi nu depinde de puterea generatoarelor.

De asemenea,trebuie reţinut că pierderea de tensiune (vector) în bobina de reactanţă nu este numeric egală cu căderea de tensiune (scalar) şi depinde de factorul de putere al circuitului: $\Delta U\% = x_r \sin\varphi$. Deci poate varia între 0 şi x_r % , avînd valori mici la sarcina nominală ($\cos \approx 0{,}8$ şi $x_r\% \approx 5\text{-}8\%$). Pierderea de tensiune devine egală cu căderea de tensiune pentru $\cos\varphi = 0$ (circuit pur inductiv).

Curentul de scurtcircuit depinzînd numai de parametrii bobinei , poate avea valoarea maximă dată de expresia(neglijînd rezistenţele din reţea):

$$I_{sc} = \frac{U_f}{x_r} = \frac{U_n}{\sqrt{3}\ 2\pi f L\, 10^{-3}} = \frac{U_n}{0{,}544\, L}.$$

Tinînd seama de expresia lui x_r % , vom avea:

$$I_{sc} = \frac{U_n}{0,544L} = \frac{100I_n}{100I_n} \cdot \frac{U_n}{0,544\ L} = I_n \frac{100}{\frac{54,4\ L\ I_n}{U_n}} \quad \text{sau}$$

$$I_{sc} = I_n \frac{100}{x_r\%} .$$

Curentul de şoc $i_ş$ - valoarea momentană maximă a curentului - se ia :

$$i_ş = 1,8 \sqrt{2}\ I_{sc} = 1,8\ \sqrt{2}\ I_n \frac{100}{x_r\%} \quad \text{sau} \quad i_ş = 2,54\ I_n \frac{100}{x_r\%} .$$

Condiţiile impuse bobinelor de reactanţă sînt :

1. supratensiunile nu trebuie să producă străpungeri sau puneri la pămînt ale bobinajelor.

2. să aibă stabilitate termică şi electrodinamică suficientă .

3. pierderi de putere minime în bobine (rezistenţă activă mică).

13.3.2. B o b i n e d e r e a c t a n ţ ă î n b e t o n t i p BR.

Se construiesc frecvent pentru 6 şi 10 kV , rar pentru 15 kV şi pentru curenţii din domeniul 200 - 2000 A.

Se fabrică numai **bobine** de reactanţă monofazate cu posibilitatea de a fi montate cîte trei pe verticală (fig.13-4) sau pe orizontală(fig.13-5). La aranjamentul vertical bobina superioară se va încălzi cel mai mult , deoarece aerul încălzit urcă în sus . De asemenea,greutatea bobinelor de reactanţă solicită izolatoarele de la bază mai mult decît în montajul pe orizontală , dar ocupă spaţiu mai redus.

Bobinele de reactanţă în beton tip BR sînt destinate pentru limitarea curenţilor de scurtcircuit în circuitele de

înaltă tensiune şi pentru pornirea motoarelor sincrone în asincron direct de la reţea .

Deoarece bobinele nu au miez de fier , este necesar să se evite existenţa în apropierea lor a pieselor din material feromagnetic .

Bobinele BR sînt executate cu cablu multifilar din aluminiu , cu secţiunea de 185 şi 24o mm^2 încastrat în lo coloane de

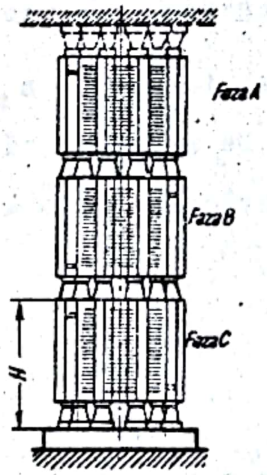


Fig.13-4

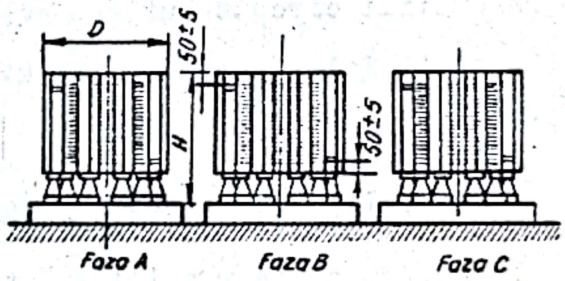


Fig.13-5

beton. Căile de curent sînt executate din mai multe conductoare în paralel cu transpoziţia conductoarelor pentru echilibrarea electrică şi de cîmp a fazei.

Betonul bobinei după uscare este acoperit cu lac nehigroscopic pentru a mări rigiditatea dielectrică şi a evita absorbţia umezelei de către beton. Intre spirele bobinei sînt lăsate intervale între ele , pe orizontală şi pe verticală , pentru a avea o bună izolaţie şi o răcire mai intensă.

In instalaţii se folosesc uneori şi bobine de reactanţă

duble formate din două ramuri cu o axă comună şi o direcţie identică a spirelor, Conectarea se face ca să fie cîmpurile în opoziţie . Acestea au avantajele : 1. folosirea unei singure bobine duble pentru două secţii de consumatori; 2. îmbunătăţirea reglării tensiunii la barele colectoare etc.

13.3.3. A l e g e r e a b o b i n e l o r d e r e a c t a n ţ ă .

Bobinele de reactanţă au reactanţa procentuală în domeniul 4 - lo %.

Fiind un singur tip de bobine, alegerea este uşoară.

Parametrii nominali ai bobinei trebuie să fie superiori faţă de parametrii circuitului sau egali . De remarcat că bobinele de 6 kV pot fi folosite şi la 6,3 kV , iar cele de lo kV şi la lo,5 kV.

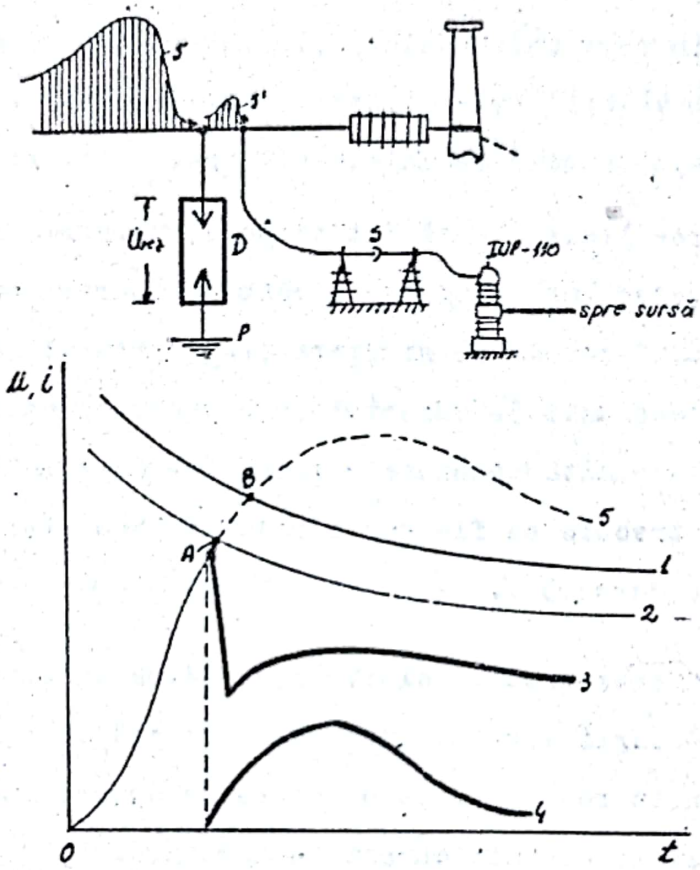
13.4. Eclatoare şi descărcătoare

13.4.1. G e n e r a l i t ă ţ i

Descărcătoarele şi eclatoarele electrice sînt aparate destinate să protejeze echipamentul electric împotriva supratensiunilor atmosferice şi uneori împotriva supratensiunilor interne . Aparatele de protecţie contra supratensiunilor sînt dispozitive destinate să împiedice creşterea tensiunii peste valori la care izolaţia ar fi solicitată mai mult decît poate suporta. Limitarea nivelului supratensiunilor permite ca să se folosească o izolaţie mai redusă , deci să se obţină şi efecte economice.

Elementul de bază al aparatelor de protecţie la supratensiuni îl constituie spaţiul (intervalul) disruptiv . Caracteristica tensiune - timp a acestui interval sau intervale (curba 2) trebuie să fie sub caracteristica tensiune-timp 1 a instalaţiei protejate , adică spaţiul disruptiv stabilit să se

străpungă la apariţia supratensiunii înaintea distrugerii izolaţiei . Să considerăm că apare o undă de supratensiune de forma curbei 5 (fig.13-6).



Protecţia contra supratensiunilor : 1 - caracteristica tensiune - timp a instalaţiei ; 2 - idem, a aparatului ; 3 - caracteristica $u_{rez} = f(t)$; 4 - caracteristica $i_s = f(t)$

Fig.13-6

Aparatul de protecţie la supratensiuni D are spaţiul disruptiv legat între linie şi pământ şi trebuie să constituie cel mai slab nivel de izolaţie pentru ca el să cedeze primul supratensiunii şi trebuie situat, de exemplu, la intrarea în staţii alimentate de linii aeriene . Cînd supratensiunea a atins valoarea tensiunii de amorsare a spaţiului disruptiv (punctul A) , aceasta se străpunge şi caracteristica tensiune- timp are forma curbei 3 sub curba 1 şi deci instalaţia este protejată. Dacă n-ar fi

fost aparatul de protecţie, în punctul B se producea deteriorarea izolaţiei.

Aparatele de protecţie contra supratensiunilor principial au rolul de a pune linia la pămînt pentru un timp foarte scurt (sub 10^{-2} s) în care amplitudinea şi panta undei de supratensiune se reduce la valori nepericuloase pentru izolaţie. Rezultă următoarele etape principale în funcţionare:

1. Punerea liniei la pămînt temporar printr-o impedanţă mică ce are ca efect un impuls de curent de foarte scurtă durată (100 μ s) , numit curent de scurgere ,(I_s),provocat de unda de impuls a supratensiunii 5. Curentul de scurgere produce o cădere de tensiune - numită tensiune reziduală - care în cazul unei protecţii bune trebuie să fie sub caracteristica tensiune-curent a instalaţiei (curba 3).

2. Producerea arcului electric de către tensiunea reţelei ca urmare a ionizării spaţiul disruptiv creată de curentul de scurgere şi menţinerea acestuia de către un curent cu frecvenţa egală cu a reţelei, - numit curent de însoţire.

3. Separarea liniei de pămînt prin stingerea arcului electric format.

Pentru a avea un efect protector cît mai bun trebuie ca aparatul să opună rezistenţă cît mai mică curentului de scurgere şi cît mai mare curentului de însoţire. O soluţie bună în acest sens o oferă unele categorii de rezistenţe neliniare înseriate cu spaţiul disruptiv.

Iată cîteva cerinţe pentru descărcătoare :

1. Caracteristica tensiune - timp a descărcătorului să fie sub caracteristica obiectului protejat şi panta să fie cît mai mică;

2. Spaţiul disruptiv trebuie să aibă o anumită rigiditate dielectrică faţă de tensiunea reţelei şi faţă de impulsuri de tensiuni. Descărcătorul cu rezistenţă variabilă nu trebuie să funcţioneze la supratensiuni interne;

3. Tensiunea reziduală, care caracterizează capacitatea de limitare a supratensiunii de către aparatul protector, nu trebuie să depăşească în valoare tensiunea de ţinere a izolaţiei instalaţiei.

4. Curentul de însoţire (5o Hz) trebuie să poată fi întrerupt pentru un domeniu mare al curenţilor şi într-un timp foarte scurt (o semiperioadă a curentului de frecvenţă industrială) pentru a evita intervenţia aparatelor de protecţie la supracurenţi;

5. Trebuie să permită un număr cît mai mare de funcţionări fără revizie.

Aparatele de protecţie la supratensiuni au un rol important în prevenirea avariilor , în menţinerea continuităţii alimentării cu energie electrică; ceea ce atrage economii însemnate.

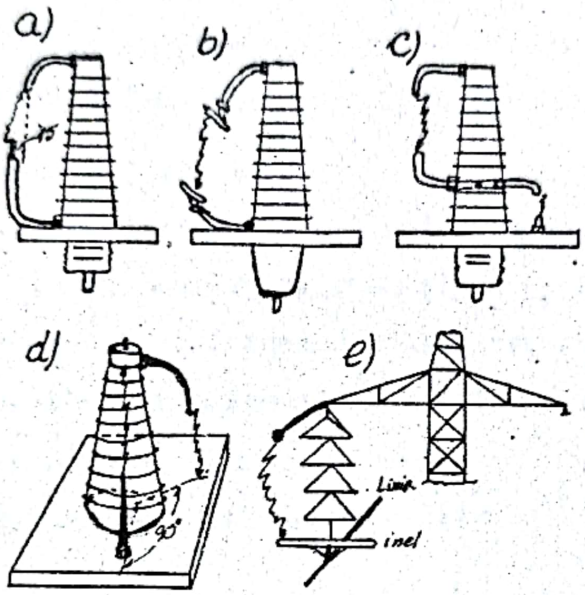
13.4.2. E c l a t o a r e

Eclatoarele sînt cele mai simple aparate de protecţie contra supratensiunilor .

Eclatorul este un aparat de protecţie constituit în esenţă din electrozi avînd între ei un interval disruptiv, între care se amorsează o scînteie sau un arc la aplicarea unei supratensiuni de o anumită valoare periculoasă în instalaţie, reducînd valoarea supratensiunii prin scurgerea unui curent , fără ca pentru stingerea arcului să se întrebuinţeze un alt mijloc decît alungirea naturală a arcului , datorită propriului

său cîmp magnetic .

Eclatoarele se folosesc la protecţia izolatoarelor de porţelan (fig.13-7) pentru a evita conturnarea lor şi în



Tipuri de eclatoare: a - eclator de protecţie vîrf-vîrf; b-eclator de protecţie cu vîrf în spirală; c-eclator de protecţie cu distanţă disruptivă dublă în serie; d - eclator de protecţie cu două distanţe vîrf-placă în paralel; e-protecţie cu inel de protecţie şi corn.

Fig.13-7

construcţia descărcătoarelor. Pentru a îmbunătăţi calităţile eclatorului vîrf - vîrf , electrozii nu sînt aşezaţi pe aceeaşi verticală (fig.13 - 7, a) . Uneori vîrfurile se fac spiralate pentru a uşura stingerea arcului prin deplasarea acestuia pe spirale (fig.13 - 7,b) . Folosirea a două spaţii disruptive măreşte siguranţa în funcţionare faţă de amorsări intempestive (fig.13 - 7 ,c) , iar sistemul cu două perechi de electrozi decalate la unghi drept permite o funcţionare mai precisă la tensiuni de impuls (fig.13-7,d).

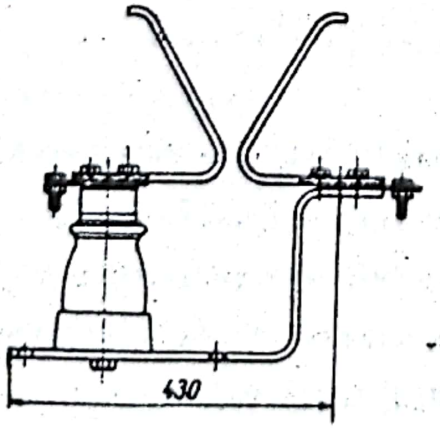
La lanţurile izolatoare pot fi folosite eclatoare inel de protecţie - con de protecţie sau alte variante (fig.13-7,a)

Eclatoarele au următoarele neajunsuri: 1. provoacă scurt-circuite la pămînt, nefiind capabile să întrerupă curentul de însoţire fapt care duce la scoaterea de sub tensiune a instalaţiei ; 2. taie unda de impuls a supratensiunii , fapt care duce la solicitări dielectrice suplimentare a transformatoarelor ; 3. amorsează cu întîrziere scăpînd undele de supratensiune cu pantă mare în instalaţie etc.

13.4.3. D e s c ă r c ă t o a r e

Descărcătorul este un aparat de protecţie care se amorsează numai la depăşirea unei anumite valori a supratensiunii, reducînd-o prin scurgerea unui curent şi la care se prevăd metode sau dispozitive speciale pentru stingerea arcului sau anularea curentului de însoţire , imediat ce tensiunea a revenit la valori nepericuloase pentru funcţionarea instalaţiei.

D e s c ă r c ă t o r u l c u c o a r n e (fig.13-8). Se foloseşte rar la reţele de 3 - 35 kV la posturi de transformare .Mai este folosit şi la tracţiunea electrică în curent continuu .



Descărcător cu coarne

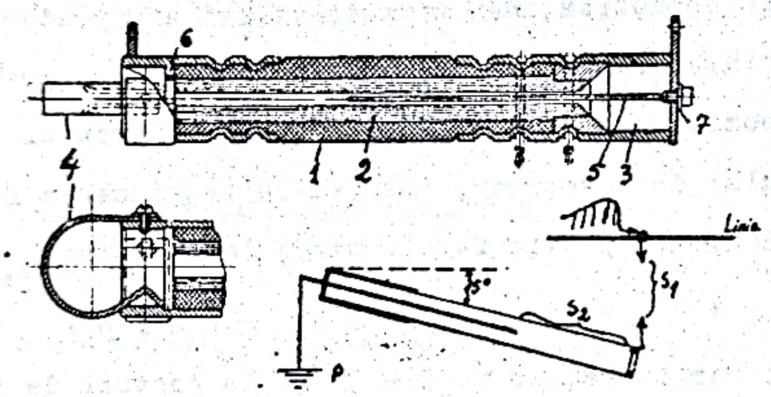
Fig.13-8

Electroputere Craiova a fabricat descărcătoare cu coarne de interior (fig.13-8) tip PI-6 şi PI-15, de exterior tip PE-6 şi PE-15 (paratoneri de exterior de 15 kV) . Unele descărcătoare cu coarne de exterior au şi un electrod antipasăre - o tijă pe un izolator între cei doi electrozi -

pentru a împiedeca aşezarea păsărilor care ar duce la scurtcircuite în reţea. Intre electrozi se asigură un spaţiu disruptiv care era străpuns de o anumită valoare a supratensiunii , iar arcul format de curentul de însoţire este stins datorită coarnelor mari prin alungirea provocată de forţele electrodinamice . Este dificil de reglat şi funcţionarea este nesigură.

D e s c ă r c ă t o r u l t u b u l a r (fig.13-9).

Acest descărcător are un interval disruptiv exterior S_1, care exclude solicitarea continuă sub tensiunea de serviciu a tubului izolant 1, şi un interval disruptiv interior S_2, care serveşte la stingerea arcului .



Descărcător tubular (DTF) 1.- tub de hîrtie bachelizată; 2-tub de fibră (gazogen) 3-cameră tampon; 4-indicator de funcţionare din tablă elastică (lamă de oţel elastică; 5-electrod tijă.

Fig.13-9

La apariţia undei de supratensiune, în zona descărcătorului se străpung spaţiile S_1 şi S_2 , linia este pusă la pământ şi are loc prima etapă în funcţionare. Arcul electric datorit curentului de însoţire provoacă descompunerea fibrei 2, dînd un volum mare de gaze care creează un suflaj longitudinal eficace ce poate stinge arcul la prima trecere a lui prin zero. Camera tampon 3 are rolul ca la descompuneri violente de gaze să acumu-

leze gazele sub presiune , mărind eficienţa suflajului . Funcţionarea este semnalizată optic de către indicatorul de funcţionare 4 , din tablă elastică de oţel.

Tubul de fibră 2 este protejat la exterior de tubul de hîrtie bachelizată 1 acoperit la exterior de un strat de lac epoxidic incolor contra intemperiilor.

Descărcătoarele tubulare funcţionează cu o oarecare întîrziere , fiind recomandate pentru protecţia liniilor aeriene împotriva conturnării izolatoarelor de linie şi împiedicării propagării undelor de tensiune pînă la staţiile de transformare -Pot funcţiona corect dacă curentul de însoţire cuprinde un anumit domeniu. De exemplu notaţia DTF $\frac{11o}{2 - 1o}$ arată că este vorba de un descărcător tubular cu fibră de 11o kV , avînd curentul ce-l poate întrerupe în domeniul 2-1o kA.

In ţara noastră se fabrică descărcătoare tubulare cu fibră tip DTF pentru seria tensiunilor standardizate 6-11o kV.

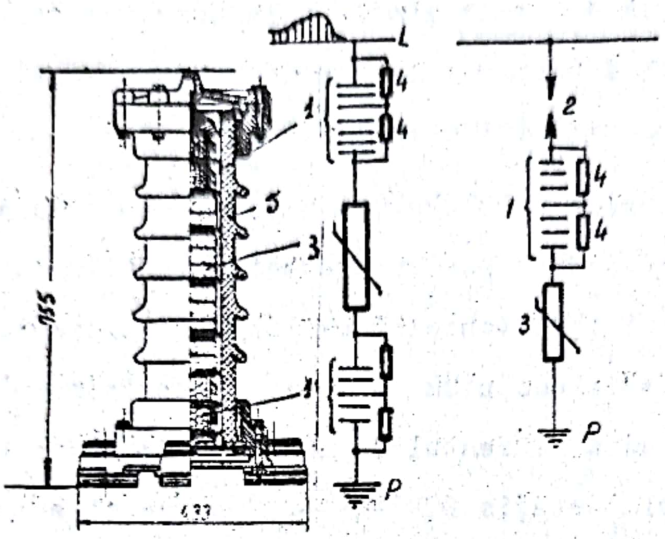
Descărcătoarele cu fibră au avantajul : 1. mare capacitate de scurgere cu cădere de tensiune relativ mică; 2 . puterea de rupere mare; 3. funcţionare sigură pentru limitele de curent indicate; 4. construcţie simplă, robustă şi ieftină .

Ca dezavantaje sînt: 1. tensiunea de amorsare relativ ridicată; 2. scăderea necontrolabilă a capacităţii de scurgere datorită uzării tubului de fibră; 3. pericol de explozie; 4. inerţie la întreruperea curentului de însoţire ; 4. necesitatea unei zone libere pentru expulzarea gazelor; 5 . necesitatea demontării şi reviziei periodice; 6. caracteristică de protecţie nepotrivită pentru protecţia staţiilor.

D e s c ă r c ă t o r u l cu rezistenţă variabilă este descărcătorul la care caracteristica tensiune reziduală - curent de

însoţire este neliniară .

Elementele componente ale unui descărcător cu rezistenţă variabilă sînt(fig .13-1c) :



Descărcător cu rezistenţă variabilă; 1-coloana de eclatoare; 2-eclatorul de izolare ; 3-coloana cu rezistenţe variabile; 4-rezistenţe de şuntare ; 5-carcasa de porţelan

Fig.13-1c

1. coloana de eclatoare formată de eclatoarele de stingere care asigură izolaţia necesară liniei faţă de pămînt la tensiunea de serviciu şi întrerupe curentul de însoţire: 2. eclatorul de izolare folosit numai la tensiuni peste 60 kV , pentru a evita întîrzierea amorsării; 3. coloana cu rezistenţe variabile formată din mai multe discuri de carborund cu caracteristica U=f(i) neliniare, care opun o rezistenţă redusă curentului de impuls (tensiune rezidual redusă),iar după micşorarea tensiunii reziduale pînă la o valoare de stingere discurile îşi măresc mult rezistenţa , ceea ce duce la o uşurare mare la stingerea curentului de însoţire; 4. rezistenţele de şuntare din carborund electrotehnic montate în paralel cu eclatoarele de alamă pentru uniformizarea repartiţiei tensiunii ; 5. Anvelopa de porţelan (izolatorul) pentru protecţia eclatoarelor şi rezistenţelor

contra umidităţii , a agenţilor atmosferici .

Funcţionarea decurge astfel : cînd unda de supratensiune ajunge la borna descărcătorului şi depăşeşte o anumită valoare , spaţiile disruptive se străpung , linia se pune la pămînt, rezistenţa discurilor scade mult datorită supratensiunii şi curentul de scurgere devine mare determinînd totuşi o tensiune reziduală relativ mică. Cînd unda de supratensiune şi-a micşorat apreciabil valoarea(de cîteva ori) , rezistenţa coloanei de carborund creşte mult,limitînd curentul de însoţire astfel ca la prima trecere prin zero arcul să fie stins la coloana de eclatoare.

Uzinele Electroputere Craiova fabrică descărcătoare cu rezistenţă variabilă şi rezistenţă de şuntare tip DRVS pentru seria tensiunilor standardizate 6 - 11o kV . Există şi descărcătoare fără rezistenţă de şuntare tip DRV pentru tensiuni medii (6 - 1o kV) . Pînă la 2o kV inclusiv se fabrică descărcătoare tip DRVS independente , iar la dimensiunile 35 - 6o - 11o descărcătoare sînt compuse din 2-3-4 elemente sub forma unei coloane . Tipul DRVS - 11o posedă şi inel de gardă . Pot funcţiona şi cu contor de descărcări care numără descărcările.

Ca neajunsuri au : 1. posibilitate de explozie la curenţi mari de scurgere (trăznete violente) ; 2. construcţie complicată şi preţ de cost mai mare etc.

In ultima vreme o anumită răspîndire au căpătat-o descărcătoarele cu suflaj magnetic .Acestea prezintă unele avantaje.

In curent continuu descărcătoarele cu rezistenţă variabilă ar putea fi folosite , dar cu unele dificultăţi rezolvate mai bine de către descărcătoarele cu suflaj magnetic.

In instalaţiile electrice mai sînt folosite şi dispozitive speciale de protecţie sub forma unor ansambluri de rezistenţe,

inductanţe ,condensatoare eclatoare etc, avînd ca scop reducerea concomitentă a amplitudinii , pantei undelor de supratensiune şi anularea curentului de însoţire.

13.4.4. A l e g e r e a d e s c ă r c ă t o a r e l o r .

Tensiunea nominală a descărcătorului trebuie să fie aceeaşi cu tensiunea nominală a instalaţiei liniei .

La alegerea descărcătoarelor tubulare cu fibră trebuie să se calculeze curentul minim şi maxim de scurtcircuit şi alegerea să fie făcută funcţie de aceste valori . Spaţiile disruptive S_1 şi S_2 se aleg din tabele speciale , care pot fi furnizate de fabrica constructoare.

B I B L I O G R A F I E

1. Babikov, M.A. — Aparate electrice (trad. din l. rusă). Vol. III, Bucureşti, Editura tehnică , 1965.

2. Bădulescu, N. — Linii şi staţii electrice . Indrumător. Ed. 3 , Bucureşti , Editura tehnică , 1967.

3. Cănescu, B şi Cănescu, T. — Construcţia, întreţinerea şi exploatarea contactoarelor. Bucureşti, Editura tehnică, 1967.

4. Cănescu, T. ş.a. — Instalaţii electrice de utilizare. Indreptar. Bucureşti , Editura tehnică , 1968.

5. Chiriţă, Gh. şi Alexe , C. — Cartea instalatorului electrician . Bucuresti , Editura tehnică, 1966.

6. Comănescu, T. şi Croitoru, M. — Cartea electricianului de exploatare ale centralelor , staţiilor şi posturilor de transformare. Bucureşti , Editura tehnică, 1964.

7. Ciunihin, A. — Elektriceskie apparatî (obşcii curs). Moskva, izd-vo "Energhia", 1967.

8. Hortopan, G. — Aparate electrice . Bucureşti , Editura didactică şi pedagogică, 1967.

9. Leonte, Petru, — Bazele teoretice ale aparatelor electrice . Iaşi, Institutul politehnic - rotaprint, 1969.

10. Ministerul Industriei Construcţiilor de Maşini — Catalog. Aparate electrice de înaltă tensiune. Vol. I. Bucureşti, Oficiul de documentare şi publicaţii tehnice, 1967.

Scanned with OKEN Scanner

11. Rodşkin,L.A. Electriceskie apparatî nizkovo napriajenia. Moskva - Leningrad ,izd-vo. "Energhia",1964.

12. Suciu,Iacob. Aparate electrice .Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică , 1968.

13. Uzinele Electroputere Craiova Instrucţiuni, cataloage şi prospecte ale aparatelor electrice fabricate în perioada 1966 - 1969.

14. Văleanu,U. ş.a. Cartea electricianului de exploatare din întreprinderile industriale . Bucureşti Editura tehnică , 1968.

Scanned with OKEN Scanner

C U P R I N S

pag.

PREFAȚA 3

INTRODUCERE 5

PARTEA INTÂI

BAZELE TEORIEI APARATELOR ELECTRICE

1. ÎNCĂLZIREA APARATELOR ELECTRICE 9

1.1. Surse termice 9

1.2. Propagarea căldurii 11

1.3 Încălzirea aparatelor electrice în regim staționar. 14

1.4. Încălzirea aparatelor electrice în regim nestaționar 19

1.5. Temperaturi admisibile la regim de lungă durată și scurtcircuit. 25

1.6. Câteva metode de determinare experimentală a temperaturii 26

2. FORȚE ELECTRODINAMICE 29

2.1. Generalități 29

2.2. Metode de calcul ale forțelor electrodinamice . . 31

2.3. Forțe electrodinamice la conductoare paralele . . 33

2.4. Forțe electrodinamice la conductoare perpendiculare 36

2.5. Forțe electrodinamice la conductoare cu secțiune variabilă 36

2.6. Forțe electrodinamice la conductoare plasate în apropierea unor pereți din material feromagnetic .. 37

2.7. Forțe electrodinamice la conductoare circulare .. 38

2.8. Forțe electrodinamice în regim nestaționar 41

2.9. Rezomanța mecanică 46

3. CONTACTE ELECTRICE 48

3.1. Generalități 48

3.2. Fenomene fizice și chimice la contacte 48

3.3. Materiale pentru contacte 56

3.4. Tipuri de contacte 58

4. ARCUL ELECTRIC 64

4.1. Generalități 64

4.2. Stingerea arcului electric de curent continuu 66

4.3. Stingerea arcului electric de curent alternativ 71

4.4. Procedee și dispozitive de stingere a arcului electric 73

PARTEA A DOUA

APARATE ELECTRICE DE JOASA TENSIUNE

5. APARATE ELECTRICE NEAUTOMATE 85

5.1. Generalități 85

5.2. Prize , fișe și cuple. 85

5.3. Separatoare 86

Scanned with OKEN Scanner

5.4. Intreruptoare şi comutatoare pachet 86
5.5. Intreruptoare şi comutatoare cu came 88
5.6. Chei de comandă şi semnalizare 89
5.7. Intreruptoare şi comutatoare cu pîrghie(hebluri) . . 91
5.8. Intreruptoare şi comutatoare pentru instalaţii interioare 93
5.9. Butoane de comandă 93
5.1o. Rezistenţe, rezistoare şi reostate. 95
5.1o.1. Generalităţi 95
5.1o.2. Materiale pentru rezistoare. 96
5.1o.3. Construcţia şi calculul rezistoarelor 97
5.1o.4. Reostate 1oo
5.1o.5. Rezistoare de suntare 1o4
6. ELECTROMAGNEŢI. 1o6
6.1. Generalităţi 1o6
6.2. Forţa de atracţie .Caracteristica statică 107
6.3. Regimul dinamic al electromagnetului de curent continuu. 114
6.4. Dimensionarea electromagneţilor 115
6.5. Comparaţie între electromagneţii de curent continuu şi de curent alternativ 12o
6.6. Electromagneţi polarizaţi 121
7. APARATE ELECTRICE DE PROTECTIE 123
7.1. Generalităţi 123
7.2. Siguranţe fuzibile 124
7.3. Relee . . . . . .
7.3.1. G e n e r a l i t ă ţ i 135
7.3.2. R e l e e t e r m i c e 138

Scanned with OKEN Scanner

7.3.3. Relee electromagnetice . . . 143
7.3.4. Releul termoelectromagnetic "Multiprot" 148
7.3.5. Relee magnetoelectrice . . . 150
7.3.6 Relee electrodinamice . . . 151
7.3.7. Relee de inducţie 152
7.3.8. Relee de gaze (Bucholz), . . 154
8. APARATE AUTOMATE DE CONECTARE SI PROTECTIE . . 156
8.1. Generalităţi 156
8.2. Contactoare şi ruptoare 156
8.2.1. Generalităţi 156
8.2.2. Elemente constructive 157
8.2.3. Comanda contactoarelor . . . 159
8.2.4. Contactoare de curent continuu 163
8.2.5. Contactoare de curent alternativ 165
8.2.6. Alegerea contactoarelor . . 166
8.3. Contactoare cu relee 168
8.3.1. Generalităţi 168
8.3.2. Contactoare cu relee în ulei 168
8.3.3. Contactoare cu relee în aer 170
8.4. Întreruptoare automate 171
8.4.1. Generalităţi 171
8.4.2. Intreruptoare automate în aer 172
8.4.3. Intreruptoare automate în ulei 172
9. AMPLIFICATOARE MAGNETICE 174

9.1. Generalităţi 174
9.2. Amplificatoare magnetice monofazate . . . 175
9.2.1. Amplificatorul magnetic cu un singur circuit magnetic 175
9.2.2. Amplificatorul magnetic cu două miezuri 176
9.2.3. Amplificatorul magneti u autosaturare 181
9.2.4. Amplificatoare diferenţiale 187
9. 2.5. Relee magnetice 188
9.3. Amplificatoare magnetice trifazate 19o

PARTEA A TREIA

APARATE ELECTRICE DE INALTA TENSIUNE

1o. SEPARATOARE DE INALTA TENSIUNE 193
1o.1. Generalităţi 193
1o.2. Separatoare tip cuţit 197
1o.3. Separatoare rotative 2oo
1o.4. Separatoare basculante 2o3
1o.5. Separatoare cu translaţie 2o3
1o.6. Separatoare tip pantograf 2o3
1o.7. Scurtcircuitoare si secţionoare 2o4
1o.8. Separatoare de putere 2o5
1o.9. Dispozitive de acţionare 2o9
1o.1o Alegerea separatoarelor 215
11. CONTACTOARE DE INALTA TENSIUNE 215
12. INTRERUPTOARE DE INALTA TENSIUNE 219
12.1. Generalităţi 219
12.2. Intreruptoare cu ulei 221
12.2.1. Generalităţi 221

Scanned with OKEN Scanner

.2.2. Intreruptoare cu ulei mult .. 222
.3. Intreruptoare cu ulei puţin . 227
.3 Dispozitive de acţionare pentru întreruptoare cu ulei 25o
12.3.1. Generalităţi 25o
12.3.2. Dispozitive de acţionare manuală pentru întreruptoare, tip DMI 251
12.3.3. Dispozitive pneumatice de acţionare a întreruptoarelor de interior şi exterior tip DPI şi DPE 254
12.3.4. Dispozitive solenoidale de acţionare, tip DSI şi DSE ... 258
12.3.5. Dispozitive de acţionare tip DRI şi DRE 259
12.3.6. Dispozitiv de acţionare pneumatic pentru IUP-35 ... 262
12.3.7. Dispozitiv de acţionare pneumatic pentru IUP-11o ... 264
12.3.8. Mecanisme de acţionare cu resoarte tip MR 266
12.3.9. Mecanisme de acţionare tip MOP 27o
12.4. Intreruptoare cu aer comprimat 279
12.5. Alte tipuri de întreruptoare 279
12.5.1. Intreruptoare cu hexafluorură de sulf 279
12.5.2. Intreruptoare cu autogenerare de gaze 28o

12.5.3. Intreruptoare cu suflaj magnetic 28o
12.5.4. Intreruptoare cu vacuum 28o
12.6. Alegerea întreruptoarelor 28o
13. APARATE DE PROTECTIE DE INALTA TENSIUNE ... 283
13.1. Generalităţi 283
13.2. Siguranţe fuzibile de înaltă tensiune 283
13.2.1. Generalităţi 283
13.2.2. Siguranţe fuzibile de interior şi de exterior tip SFIn - SFITn şi SFEn - SFETn 284
13.2.3. Alegerea siguranţelor... 289
13.3. Bobine de reactanţă. 29o
13.3.1. Generalităţi 29o
13.3.2. Bobine de reactanţă înbeton tip BR. 292
13.3.3. Alegerea bobinelor de reactanţă 294
13.4. Eclatoare şi descărcătoare 294
13.4.1. Generalităţi 294
13.4.2. Eclatoare 297
13.4.3. Descărcătoare 299
13.4.4. Alegerea descărcătoarelor 3o4
BIBLIOGRAFIE 3o5

Scanned with OKEN Scanner

Tipar rotaprint

Executat la Institutul Politehnic Iaşi

Scanned with OKEN Scanner

E R A T A

Pag.	Rîndul	In loc de:	Se va citi :
1o	1	$= K_s R_a$.	$= K_s R$.
1o	5 jos	$W = 2\pi f C U tg\delta$,	$P = 2\pi f C U^2 tg\delta$,
18	3	$2 K_t(a + b)$	$2 K_t(a + b)\ell$
27	12 jos	$\Theta_m = 2\Theta - \Theta_1 + \vartheta_s$	$\Theta_m = 2\Theta - \Theta_1 - \vartheta_s$
34	8	$\sqrt{(L_1-x)+a^2}$	$\sqrt{(L_1-x)^2 + a^2}$
35	1	- a) sau	$-a)1o^{-7}$ sau
35	2	$-\frac{a}{\ell}$) [N] .	$-\frac{a}{\ell})1o^{-7}$ [N].
53	6	tehnică	termică
73	12 jos	avea	avea loc
75	7	fontă	fantă
86	8	umai	numai
97.	13 jos	(115 .	(115°C).
122	6 jos	le fac utile:	îi fac utili :
135	13	discontinuu	discontinuu
15o	9 jos	$1o^{-5} - 1o^{-7}$	$1o^5 - 1o^7$
166	1 jos	sens).	sens); DC4 (motoare serie)DC5 (motoare serie la mers cu şocuri şi inversări de sens).
182	7 jos	ieşi	ieşire
23o	7	8 ,mai	8,mai are
237	9 - 1o	supratensiuni	suprapresiuni
238	7	(fig.16-3)	(fig.12-6)
251	6	şi a	şi armarea
261	9	(fig.13_	(fig.12-
262	9 jos	VI.Grupul VI	V_I.Grupul V_I
284	7	conduc-	contac-
3o3	17-18	descărcătoare	descărcătoarele

Scanned with OKEN Scanner